

В. В. Пасечник, А. А. Каменский, Е. А. Криксунов, Г. Г. Швецов

БИОЛОГИЯ

Введение в общую биологию

9

ДРОФА

ВЕРТИКАЛЬ

УДК 373.167.1:57
ББК 28.0я72
П19

Пасечник, В. В.

П19 Биология. Введение в общую биологию. 9 кл. : учебник / В. В. Пасечник, А. А. Каменский, Е. А. Криксунов, Г. Г. Швецов. — 5-е изд., стереотип. — М. : Дрофа, 2018. — 288 с. : ил. — (Российский учебник).

ISBN 978-5-358-19753-4

Учебник соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту основного общего образования, рекомендован Министерством образования и науки РФ и включен в Федеральный перечень учебников.

Учебник адресован учащимся 9 класса и входит в учебно-методический комплекс по биологии для основной школы (5—9 классы), построенный по концентрическому принципу.

Большое количество красочных иллюстраций, разнообразные вопросы и задания, а также возможность параллельной работы с электронной формой учебника способствуют эффективному усвоению учебного материала.

УДК 373.167.1:57
ББК 28.0я72

РОССИЙСКИЙ УЧЕБНИК

Учебное издание

Пасечник Владимир Васильевич, **Каменский** Андрей Александрович
Криксунов Евгений Аркадьевич, **Швецов** Глеб Геннадьевич

БИОЛОГИЯ. Введение в общую биологию. 9 класс

Учебник

Зав. редакцией *И. Б. Морзунова*
Ответственный редактор *Г. М. Пальдяева*. Художественный редактор *М. Г. Мицкевич*
Художественное оформление *А. В. Копалин*. Технический редактор *С. А. Толмачева*
Компьютерная верстка *Е. Ю. Пучкова*. Корректор *Е. Е. Никулина*

Подписано к печати 16.01.18. Формат 70 × 90 1/16. Гарнитура «Школьная».
Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,0. Тираж 40 000 экз. Заказ № м6030.

ООО «ДРОФА». 123308, Москва, ул. Зорге, дом 1, офис № 313.



Предложения и замечания по содержанию и оформлению книги можно отправлять по электронному адресу: expert@rosuchebnik.ru
По вопросам приобретения продукции издательства обращайтесь: тел.: 8-800-700-64-83; e-mail: sales@rosuchebnik.ru
Электронные формы учебников, другие электронные материалы и сервисы: LECTA.ru, тел.: 8-800-555-46-68
В помощь учителю и ученику: регулярно пополняемая библиотека дополнительных материалов к урокам, конкурсы и акции с поощрением победителей, рабочие программы, вебинары и видеозаписи открытых уроков росучебник.рф/метод

Отпечатано в филиале «Смоленский полиграфический комбинат»
ОАО «Издательство «Высшая школа». 214020, Смоленск, ул. Смольянинова, 1
Тел.: +7 (4812) 31-11-96. Факс: +7 (4812) 31-31-70
E-mail: spk@smolpk.ru http://www.smolpk.ru

ISBN 978-5-358-19753-4

Как работать с учебником

Уважаемые девятиклассники!

Пришло время обобщить все те знания о живых организмах (биологических системах), которые вы получили в предыдущих классах. В текущем учебном году вам предстоит изучить общебиологические закономерности функционирования биосистем на различных уровнях организации живого. Кроме того, вы сможете подвести определённые итоги своей учебной работы за весь период изучения школьного курса биологии (с 6 по 9 класс). Как и в предыдущие годы, вашим помощником будет учебник.

Текст учебника разделён на главы и параграфы. Нужный материал вы найдёте по оглавлению или с помощью указателя терминов, размещённого в конце учебника.

Приступая к работе, внимательно прочитайте название главы, вводный текст и информацию о том, что вы узнаете и чему научитесь. Это поможет вам понять, на какой материал следует обратить особое внимание. Перед каждым параграфом помещены вопросы, предлагающие вам актуализировать ранее полученные знания, настроиться на усвоение нового материала. Понятия, на которые нужно обратить особое внимание при чтении текста параграфа, напечатаны курсивом. Все новые для вас термины вынесены на цветную плашку в конце каждого параграфа. Их следует запомнить и уметь объяснять сущность заложенного в них понятия или давать его определение.

Внимательно рассматривайте и изучайте иллюстрации, содержащиеся в параграфе, читайте подписи к ним. Это поможет вам лучше понять содержание текста, получить новые знания о рассматриваемых в параграфе объектах, процессах или явлениях природы.

Обязательно отвечайте на вопросы в конце параграфа. Они призваны проверить усвоение вами материала параграфа, обратить ваше внимание на наиболее важные аспекты приведённой информации.

Помещённые после вопросов задания направлены на приобретение вами навыков анализа, обобщения, сравнения, классифицирования, доказательства; умения вести дискуссию, выстраивать межпредметные связи, выполнять творческие задачи.

Важным условием успешного овладения вами новыми знаниями и умениями является выполнение лабораторных и практических работ. Их описание дано в учебнике после соответствующего по содержанию параграфа.

После некоторых параграфов приведён дополнительный материал по теме, а также даны ссылки на дополнительные источники информации, представленные на CD-дисках и в сети Интернет.

В конце каждой главы кратко излагаются основные её положения, что позволяет обобщить изученный материал.

В целях лучшего усвоения учебного материала старайтесь делать собственный конспект параграфа на бумаге или на компьютере в виде краткого текста или схемы. Конспект должен содержать главную идею, новые термины и их связь с ранее усвоенными понятиями, ваши основные мысли по теме и выводы.

В процессе самостоятельной работы, например при подготовке домашнего задания, ищите дополнительную информацию, пользуясь школьной библиотекой или электронными ресурсами сети Интернет. Собранный материал вы сможете использовать в дальнейшем в процессе подготовки различных работ творческого характера (докладов, рефератов, презентаций и рукописей научно-исследовательских проектов).

Огромную помощь в учёбе может оказать ваше сотрудничество с другими учащимися, учителями и родителями. Интересные результаты могут быть получены в процессе коллективного обсуждения результатов вашей работы, например во время проведения итоговых семинаров или конференций.

Работая с учебником, постоянно оценивайте свои достижения. Довольны ли вы ими? Что нового вы узнаёте при изучении новой темы? Как могут пригодиться вам эти знания в повседневной жизни? Если какой-то материал покажется вам сложным, обратитесь за помощью к учителю или воспользуйтесь справочной литературой и ресурсами Интернета. Дополнительную информацию по темам курса вы можете найти на сайтах: http://school-collection.edu.ru/catalog/ (Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов), http://sbio.info/ (Современная биология, научные обзоры, новости науки), http://www.krugosvet.ru/ (Энциклопедия Кругосвет), http://rosolymp.ru/ (Информационный портал Всероссийской биологической олимпиады для школьников), http://www.ecoinform.ru/ (Сайт агентства экологической информации «ИНЭКО»), http://ecodelo.org/ (Интернет-портал для поддержки экологических проектов и общественных организаций России. Конкурсы экологических проектов, календарь событий и карта проектов), http://www.sci.aha.ru/ (Веб-атлас содержит статистические и демографические материалы о населении России, природных условиях страны, антропогенных воздействиях на природные экосистемы, социальных процессах и др.).

Желаем вам успехов в учёбе и новых открытий в интересном и разнообразном мире живой природы!

Авторы

Оглавление

Введение

Глава 1
Молекулярный уровень

Глава 2
Клеточный уровень

Глава 3
Организменный уровень

Глава 4
Популяционно-видовой уровень

Введение

Накопленные человечеством знания столь обширны, что ни один человек не способен усвоить их полностью. Но каждый из нас должен иметь чёткое представление об окружающем его мире и законах, по которым он развивается. Без этих знаний человек не сможет чувствовать себя членом современного общества, оценивать состояние окружающей природы, частью которой он является, принимать правильные решения в повседневной жизни.

Содержание введения поможет вам

- узнать, что изучает биология и как происходило её становление как науки;
- познакомиться с методами, применяемыми в биологии;
- понять, чем живое отличается от неживого;
- уяснить роль биологических знаний в современном мире.

§ 1. Биология — наука о живой природе

1. Что изучает биология?
2. Какие биологические науки вам известны?
3. Каких учёных-биологов вы знаете?

Биология — наука о живой природе. *Биология* изучает живые организмы, их строение, развитие и происхождение, взаимоотношения со средой обитания и с другими живыми организмами. Знания о живых организмах человек накапливал на протяжении тысячелетий (рис. 1).

Биология — одна из древнейших наук, хотя сам термин для её обозначения — «биология» — был предложен лишь в 1797 г. немецким профессором *Т. Рузом* (1771—1803). Однако общепринятым этот термин стал после того, как в 1802 г. его стали употреблять в своих работах *Ж. Б. Ламарк* (1744—1829), *Л. К. Тревиранус* (1779—1864).

В наши дни биология — комплексная наука, сформировавшаяся в результате дифференциации и интеграции разных научных дисциплин. Например, из ботаники выделились *микология* (наука о грибах), *бриология* (наука, изучающая мхи), *альгология* (изучающая водоросли), *палеоботаника* (изучающая остатки древних растений) и другие дисциплины.

Происходит дифференциация и в сравнительно молодых биологических науках. Так, *генетика* разделилась на *общую* и *молекулярную генетику*, *генетику растений*, *животных*, *микроорганизмов*, *человека*, *популяционную генетику* и т. д.

В результате интеграции наук возникли *биофизика*, *биохимия*, *радиобиология*, *космическая биология* и т. д.

Значение биологических знаний в современной жизни. Биологические знания не только позволяют составить научную картину мира, но и могут быть использованы в практических целях. Так, связи биологических знаний с медициной и сельским хозяйством сформировались в далёком прошлом. А в наше время они приобрели ещё большее значение.

Благодаря достижениям биологии промышленным путём получают медицинские препараты, витамины, биологически активные вещества. Открытия, сделанные в генетике, анатомии, физиологии и биохимии, позволяют поставить больному человеку правильный диагноз и выработать эффективные пути лечения и профилактики

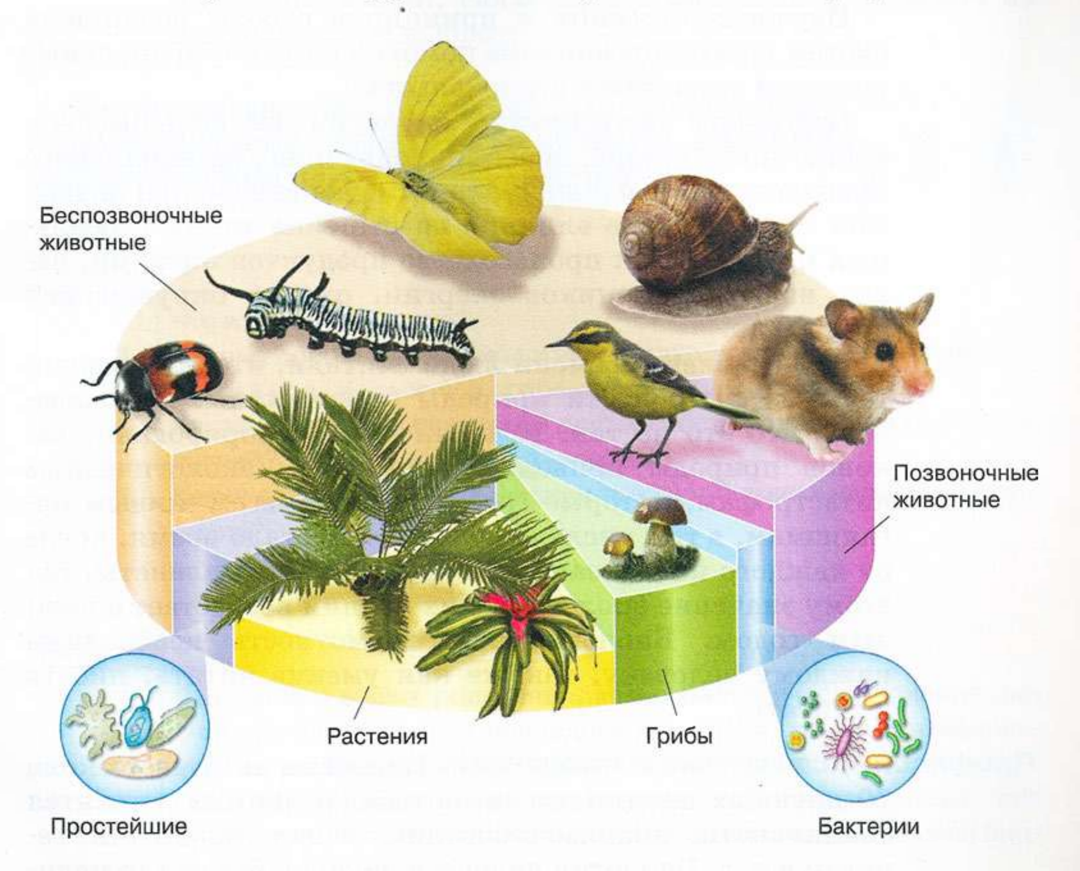


Рис. 1. Биология — наука о живой природе

различных болезней, в том числе и тех, которые раньше считались неизлечимыми.

Благодаря знанию законов наследственности и изменчивости учёные-селекционеры получили новые высокопродуктивные породы домашних животных и сорта культурных растений. На основе изучения взаимоотношений между организмами созданы биологические методы борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур.

В настоящее время изучаются механизмы биосинтеза белка и фотосинтеза. Учёные надеются, что в будущем это позволит решить проблему промышленного получения ценных органических веществ.

Изучение строения и принципов работы различных систем живых организмов помогли найти оригинальные решения в технике и строительстве.

Благодаря достижениям биологии всё большее значение приобретает новое направление материального производства — *биотехнология*. Уже сейчас она оказывает значительное влияние на решение таких глобальных проблем, как производство продуктов питания, поиск новых источников энергии, охрана окружающей среды и др.

До недавнего времени люди считали, что восстановительные способности природы безграничны. Но оказалось, что это не так. Незнание или игнорирование законов природы приводит к тяжёлым экологическим катастрофам, которые грозят гибелью всем живым организмам, в том числе и человеку. Настало время, когда от каждого из нас зависит будущее нашей планеты, поэтому значение биологических знаний возрастает с каждым годом. Биологическая грамотность необходима каждому человеку, так же как умение читать, писать и считать.

Профессии, связанные с биологией. Биология включает около 70 научных дисциплин, и по каждой из них готовятся специалисты, например ботаник, зоолог, биохимик, генетик и т. д. Биология является научной базой для медицины и сельского хозяйства. Поэтому все медицинские

работники — медсёстры разных направлений, фельдшеры, врачи-педиатры, хирурги, терапевты, стоматологи и другие имеют специальное биологическое образование. В сельском хозяйстве наиболее известны профессии агрономов, зоотехников, ветеринаров. Большое число специалистов требуется для бурно развивающихся микробиологической промышленности и биотехнологии. Активно ведётся подготовка по различным направлениям экологии. В настоящее время вузы готовят не только биоэкологов или геоэкологов, но всё большую востребованность имеет, например, такая профессия, как инженер-эколог. В последнее время стала очень популярной профессия ландшафтный дизайнер. Существует очень много профессий, связанных с биологией, и любую из них вы можете выбрать.

БИОЛОГИЯ. МИКОЛОГИЯ. БРИОЛОГИЯ. АЛЬГОЛОГИЯ. ПАЛЕОБОТАНИКА. ГЕНЕТИКА. БИОФИЗИКА. БИОХИМИЯ. РАДИОБИОЛОГИЯ. КОСМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

Вопросы

1. Что изучает биология?
2. Почему современную биологию считают комплексной наукой?
3. Какова роль биологии в современном обществе?
4. Какая область человеческой деятельности называется биотехнологией? Как она связана с биологией?
5. Какие современные профессии требуют биологического образования?

Задания

1. Выясните у ваших родителей, какие биологические знания они считают значимыми в повседневной жизни, какие они используют в профессиональной деятельности?
2. Подготовьте мультимедиапрезентацию об интересующей вас профессии. В презентации раскройте её возможные связи с биологией.

§ 2. Методы исследования в биологии

1. Что такое наука?
2. Какие биологические науки вам известны?
3. Какие методы исследования, применяемые в биологии, вы знаете?

Понятие о науке. *Наука* — один из способов изучения и познания окружающего мира. Биология как наука помогает понять мир живой природы.

Мы уже знаем, что люди с древнейших времён изучают живую природу. Сначала они описывали отдельные организмы, собирали их, составляли списки растений и животных, населяющих разные места. Обычно этот период изучения живых организмов называют описательным, а саму дисциплину — *естественной историей*. Естественная история является предшественницей биологии.

Методы научного познания. *Научный метод* — это совокупность приёмов и операций, используемых при построении системы научных знаний в ходе *научного исследования*. Каждая наука имеет свои методы исследования. Однако независимо от того, какие методы используются, для каждого учёного важнейшим должен оставаться принцип «Ничего не принимай на веру». Это принцип отказа от слепого доверия к авторитету.

В биологии применяются различные методы. Первоисточниками всех научных данных являются точное, внимательное, непредвзятое *наблюдение* и *эксперимент*. Результаты, полученные в ходе наблюдений и экспериментов, должны быть проверены новыми наблюдениями и экспериментами. Только после этого их можно считать *научными фактами*.

Например, в средствах массовой информации неоднократно сообщалось о так называемом «снежном человеке», приводились рассказы очевидцев о встречах с ним, зарисовки и фотографии якобы его следов и даже самого «снежного человека». Было организовано несколько экспедиций для поиска «снежного человека». Но до сих пор никто не смог представить ни живого «снежного человека», ни его останков, ни каких-то дру-

гих неопровержимых доказательств его существования. Поэтому, несмотря на многочисленные свидетельства «очевидцев», существование «снежного человека» не может быть признано научным фактом.

Жизнь удивительно многообразна. Чтобы разобраться в этом многообразии, необходимо выявить и упорядочить сходство и различия у живых организмов. Для решения этих задач применяется *сравнительный метод*. Он позволяет сопоставить результаты наблюдений для выявления общих закономерностей.

Биологи используют и другие методы исследования. Например, *описательный метод* широко применялся ещё учёными древности, но не потерял своего значения и сегодня.

Исторический метод помогает осмыслить полученные факты, сопоставив их с ранее известными результатами.

В науке любые новые открытия способствуют устранению прежних неправильных представлений и указывают на новые взаимосвязи между явлениями. В биологии новые открытия создают базу для множества практических достижений в медицине, сельском хозяйстве, промышленности и других областях человеческой деятельности.

Многие считают, что следует заниматься только теми биологическими исследованиями, которые помогут решить конкретные практические проблемы сегодняшнего дня. Безусловно, развитие прикладных наук имеет очень важное значение, но нельзя забывать о важности исследований в «чистой» науке. Знания, полученные в фундаментальных исследованиях, могут показаться бесполезными для повседневной жизни человека, но они помогают понять законы, по которым развивается окружающий нас мир, и почти наверняка рано или поздно найдут практическое применение.

Этапы научного исследования. Обычно научное исследование начинается с наблюдения над объектом или явлением. После обобщения полученных в результате данных выдвигаются *гипотезы* (предположения), которые могут объяснить наблюдения (рис. 2).

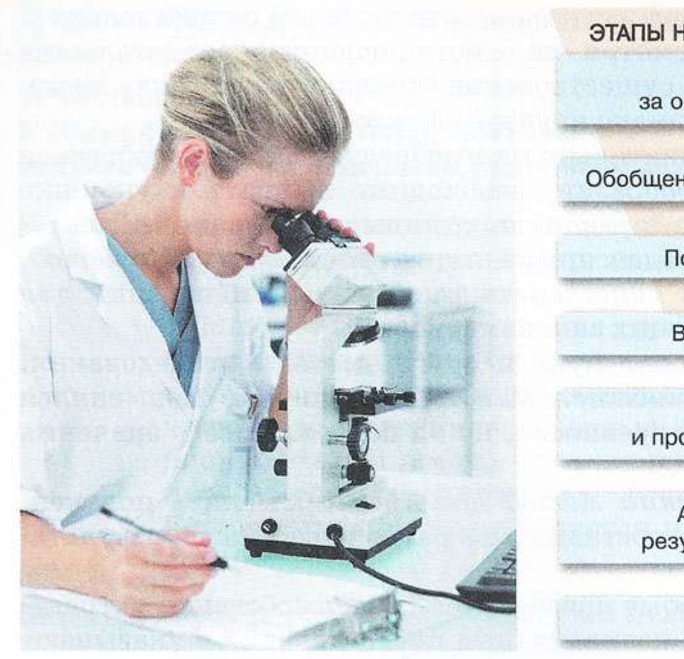


Рис. 2. Этапы научного исследования

На следующем этапе исследования разрабатываются и проводятся эксперименты для проверки выдвинутых гипотез. Научный эксперимент должен непременно сопровождаться *контрольным опытом*, условия которого отличаются от условий эксперимента одним (и только одним) фактором. Анализ результатов эксперимента позволит решить, какая из гипотез верна.

Гипотеза, которая была проверена и оказалась соответствующей фактам и способной служить основой для верных предсказаний, может быть названа *теорией* или *законом*. Называя какое-либо положение законом, учёные как бы подчёркивают его универсальность, неоспоримость, большую достоверность. Однако часто термины «закон» и «теория» употребляются как равнозначные.

Рассмотрим этапы научного исследования на примере изучения условий, необходимых для прорастания семян.

Наблюдения за семенами показали, что они далеко не всегда прорастают. Очевидно, для их прорастания необходимы определённые условия.

Итак, мы можем сформулировать проблему исследования: какие условия необходимы для прорастания семян?

Следующий этап — выдвижение гипотез. Мы можем предположить, что для прорастания семян необходимы свет, темнота, вода, определённая температура, воздух, почва.

Теперь, для того чтобы проверить, какие условия действительно необходимы для прорастания семян, разработаем и проведём эксперимент.

Возьмём шесть проб по 100 семян одного вида, например кукурузы, и поместим в условия, различающиеся только по одному признаку.

Сосуд с первой пробой поместим в светлое тёплое место. В сосуд нальём воды так, чтобы она до половины покрывала семена. В этом случае воздух будет свободно проникать к семенам.

Вторую пробу семян поместим в такие же условия, что и первую, но сосуд заполним кипячёной водой доверху, лишив таким образом семена воздуха.

Сосуд с третьей пробой поместим в такие же условия, что и первый, но в тёмном месте.

В четвёртом сосуде оставим семена сухими.

Пятую пробу будем держать при температуре 1 °С.

Шестой сосуд заполним влажной почвой и поставим в тёплое место.

Проанализировав результаты эксперимента, мы придём к выводу, что свет и почва не являются обязательными условиями для прорастания семян. Семена кукурузы прорастают при наличии воды, воздуха и определённой температуры. Однако если мы внимательно рассмотрим наши пробы, то увидим, что и при благоприятных условиях не все семена проросли. Изучив эти семена, мы выясним, что их зародыш мёртв. Следовательно, прорасти могут только семена с живым зародышем.

Если вы будете сравнивать условия, необходимые для прорастания семян растений разных видов, то убедитесь,

что они сильно различаются. Например, для прорастания зерновок кукурузы воды потребуется в два раза меньше их собственной массы, а для прорастания клевера воды должно быть в полтора раза больше массы семян. В то же время семена клевера прорастают уже при температуре 1 °С, кукурузы — при температуре выше 8 °С, а для семян дыни температура прорастания будет составлять 15 °С. Вы установите, кроме того, что большинство семян прорастает как на свету, так и в темноте, но есть растения (например, табак, череда), для прорастания семян которых свет необходим. Напротив, семена рыжика мелкоплодного прорастают только в темноте.

Итак, даже самое простое научное исследование требует чётко продуманного и тщательно проведённого эксперимента, на основании которого можно сделать научно достоверные выводы. При проведении наблюдений и экспериментов применяют самые современные приборы, аппаратуру, инструменты — электронные микроскопы, радиолокаторы, хроматографы и др.

НАУЧНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ. НАУЧНЫЙ МЕТОД. НАУЧНЫЙ ФАКТ. НАБЛЮДЕНИЕ. ЭКСПЕРИМЕНТ. ГИПОТЕЗА. ЗАКОН. ТЕОРИЯ

Вопросы

1. Какова основная цель науки?
2. Что такое научный метод? В чём его основной принцип?
3. Что такое научный эксперимент?
4. Какой факт может считаться научным?
5. Чем гипотеза отличается от закона или теории?
6. Какова роль прикладных и фундаментальных исследований в науке?

Задания

Сформулируйте проблему исследования, интересную для вас. Предложите этапы этого исследования.

§ 3. Сущность жизни и свойства живого

1. Какие живые организмы вы знаете?
2. Чем живые организмы отличаются от неживых?
3. Какие свойства живого вам известны?

Сущность понятия «жизнь». Обычное определение биологии как «науки о жизни» имеет смысл лишь в том случае, если мы представляем себе, что такое *жизнь*. На первый взгляд всё кажется просто. Даже маленький ребёнок скажет, что камень неживой, а кошка живая. На самом деле дать определение жизни очень сложно.

Во второй половине XIX в. немецкий философ *Ф. Энгельс*, обобщив естественно-научные знания своего времени, дал самое известное определение жизни: это способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их природой, причём с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белков.

Свойства живого. Последующие открытия в биологии показали, что данное определение не раскрывает всей сущности жизни. Попытки современных учёных дать полное определение жизни также не увенчались успехом. Дело в том, что живые организмы обладают рядом признаков, отсутствующих у большинства объектов неживой природы, но среди этих признаков нет ни одного такого, который был бы присущ только живому. Например, для живых организмов характерен рост, но ведь и кристаллы растут. Поэтому проще всего дать определение жизни, перечислив основные *свойства живого*, или *жизненные свойства*.

1. *Живые организмы имеют сходный химический состав и единый принцип строения.*

Живые организмы «построены» из тех же химических элементов, что и объекты неживой природы. Однако соотношение их в живом и неживом различно. Живые организмы на 98% состоят из четырёх элементов — углерода, кислорода, азота и водорода, которые участвуют

в образовании сложных органических молекул — белков, нуклеиновых кислот, углеводов, жиров.

Все живые организмы имеют клеточное строение. Клетка является единой структурной и функциональной единицей, а также единицей развития всех живых организмов на Земле.

2. *Все живые организмы представляют собой открытые биологические системы* (от греч. *systema* — целое, состоящее из взаимосвязанных частей), *т. е. системы, устойчивые лишь при условии непрерывного поступления в них энергии и вещества из окружающей среды.*

Зелёные растения используют солнечную энергию для синтеза органических веществ, из которых строится их тело. Другие организмы получают энергию в результате распада сложных органических веществ пищи на более простые. Таким образом, живые организмы существуют до тех пор, пока в них поступают энергия (солнечная или химическая) и питательные вещества извне.

3. *Все живые организмы способны к обмену веществ с окружающей средой: из неё они получают вещества, необходимые для жизни, а в неё выделяют продукты жизнедеятельности.*

В неживой природе можно наблюдать, казалось бы, сходные процессы. Так, например, в процессе горения поглощаются органические вещества (дрова, воск) и кислород воздуха, а выделяются углекислый газ и другие вещества. Однако пламя костра или свечи никто не назовёт живым, да и в основе работы многих механизмов, созданных человеком, также лежат «обменные процессы».

В отличие от «обменных процессов» в неживой природе, у живых организмов самыми важными стали процессы *биосинтеза* и *распада веществ*. Обмен веществ обеспечивает постоянство химического состава и строения организма, его рост, размножение и существование в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды.

4. *Живые организмы реагируют на изменение факторов окружающей их среды.*

В процессе эволюции у живых организмов выработалась способность избирательно реагировать на внешние воздействия — *раздражимость*. У одних реакции проявляются быстро (например, животные убегают, нападают, прячутся и т. д.), у других — медленно (например, растения поворачивают листья к свету).

5. *Живые организмы развиваются.*

Развитие характерно как для живой, так и для неживой материи. Но живым организмам свойственно упорядоченное, постепенное и последовательное развитие. У каждого живого организма развитие связано с реализацией наследственной программы и обычно сопровождается увеличением его массы. Последнее происходит за счёт образования новых молекул, элементарных клеточных структур и самих клеток.

Развитие характерно не только для отдельного организма, но и для живой природы в целом. В результате её исторического развития появилось всё многообразие живых организмов на нашей планете.

6. *Всё живое размножается.*

Новые организмы — от бактерии до человека — возникают только в результате бесполого или полового *размножения* особей данного вида.

7. *Все живые организмы обладают наследственностью и изменчивостью.*

Наследственность — способность организмов передавать свои признаки, свойства и особенности развития из поколения в поколение. Информация о том, каким должен быть организм, закодирована в его генетическом материале — хромосомах. Хотя потомки и похожи на родителей, но двух совершенно одинаковых организмов не существует. Это объясняется ещё одним свойством живого — *изменчивостью*.

8. *Живые организмы приспособлены к определённой среде обитания.*

Даже по внешнему виду часто можно определить, какой образ жизни ведёт данный организм. Например, вы сразу отличите хищную птицу от зерноядной, влаголюбивые растения от растений пустынь.

Таким образом, живые биологические системы резко отличаются от неживых систем сложностью строения и

высокой упорядоченностью протекающих в них физиологических процессов. Эти отличия придают жизни качественно новые свойства.

Уровни организации живой природы. Вся живая природа представляет собой совокупность биологических систем разного уровня организации и различной соподчинённости.

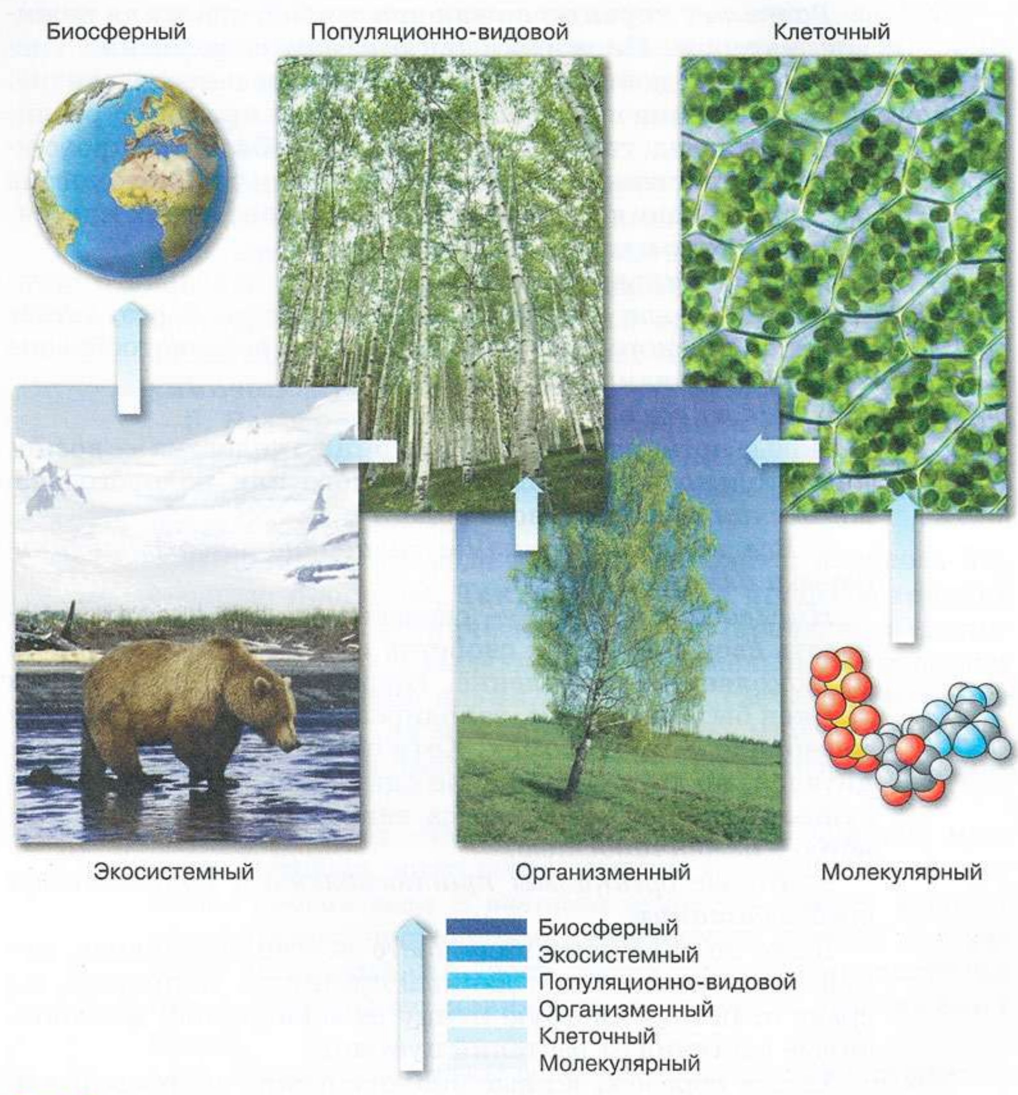


Рис. 3. Уровни организации живой природы

Учёные выделяют следующие уровни организации живого: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный и биосферный (рис. 3).

Всем живым системам, независимо от уровня организации, присущи общие черты, а сами системы находятся в непрерывном взаимодействии.

ЖИЗНЬ. СВОЙСТВА ЖИВОГО. БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ. ПРОЦЕССЫ БИОСИНТЕЗА И РАСПАДА. РАЗДРАЖИМОСТЬ. РАЗМНОЖЕНИЕ. НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ. ИЗМЕНЧИВОСТЬ. РАЗВИТИЕ. УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВОГО

Вопросы

1. Почему очень сложно дать определение понятия «жизнь»?
2. В чём заключается различие химической организации живых организмов и объектов неживой природы?
3. Каковы основные свойства живого?
4. Чем различаются процессы обмена у живых организмов от аналогичных процессов, встречающихся в неживой природе?
5. В чём может проявляться приспособленность организмов к среде обитания? Приведите соответствующие примеры.

Задания

1. Объясните, почему живые организмы называют открытыми биологическими системами.
2. Перечислите известные вам уровни организации живого. Попробуйте привести примеры соответствующих им биологических систем.

Краткое содержание введения

Биология — наука о жизни — одна из древнейших наук. Знания о живых организмах человек накапливал на протяжении тысячелетий. По мере накопления знаний происходила дифференциация биологии на самостоя-

тельные науки (ботаника, зоология, микробиология, генетика и др.). Всё больше возрастает значение пограничных дисциплин, связывающих биологию с другими науками — физикой, химией, математикой и др. В результате интеграции возникли биофизика, биохимия, космическая биология и др.

В настоящее время биология — комплексная наука, сформировавшаяся в результате дифференциации и интеграции разных дисциплин.

В биологии применяются различные методы исследования: наблюдение, эксперимент, сравнение и др.

Биология изучает живые организмы. Они являются открытыми биологическими системами, получающими энергию и питательные вещества из окружающей среды. Живые организмы реагируют на внешние воздействия, содержат всю информацию, необходимую им для развития и размножения, и приспособлены к определённой среде обитания.

Всем живым системам, независимо от уровня организации, присущи общие черты, а сами системы находятся в непрерывном взаимодействии. Учёные выделяют следующие уровни организации живой природы: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный и биосферный.

Глава 1

Молекулярный уровень

Молекулярный уровень можно назвать начальным, наиболее глубинным уровнем организации живого. Каждый живой организм состоит из молекул органических веществ — белков, нуклеиновых кислот, углеводов, жиров (липидов), получивших название биологических молекул. Биологи исследуют роль этих важнейших биологических соединений в росте и развитии организмов, хранении и передаче наследственной информации, обмене веществ и превращении энергии в живых клетках и в других процессах.

Из этой главы вы узнаете

- что такое биополимеры;
- какое строение имеют биомолекулы;
- какие функции выполняют биомолекулы;
- что такое вирусы и в чём их особенность.



§ 4. Молекулярный уровень: общая характеристика

1. Что такое химический элемент?
2. Что называется атомом и молекулой?
3. Какие органические вещества вам известны?

Любая живая система, как бы сложно она ни была организована, проявляется на уровне функционирования биологических макромолекул.

Изучая живые организмы, вы узнали, что они состоят из тех же химических элементов, что и неживые. В настоящее время известно более 100 элементов, большинство из них встречается в живых организмах. К самым распространённым в живой природе элементам следует отнести углерод, кислород, водород и азот. Именно эти элементы образуют молекулы (соединения) так называемых *органических веществ*.

Основой всех органических соединений служит углерод. Он может вступать в связь со многими атомами и их группами, образуя цепочки, различные по химическому составу, строению, длине и форме. Из групп атомов образуются молекулы, а из последних — более сложные молекулы, различающиеся по строению и функциям. Эти органические соединения, входящие в состав клеток живых организмов, получили название *биологические полимеры* или *биополимеры*.

Полимер (от греч. *polys* — многочисленный) — цепь, состоящая из многочисленных звеньев — *мономеров*, каждый из которых устроен относительно просто. Моле-

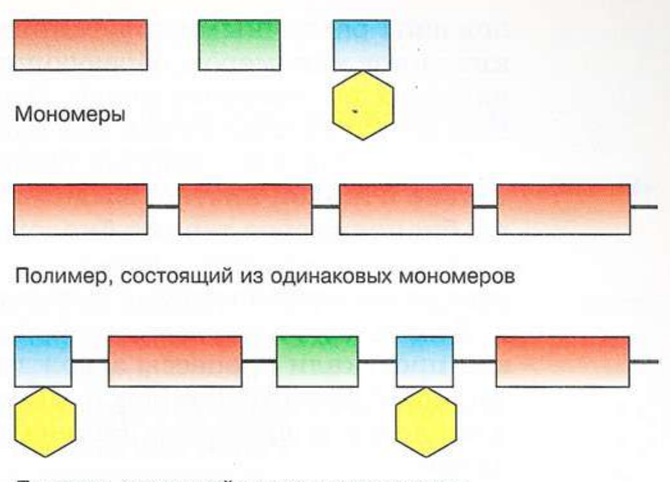


Рис. 4. Схема строения мономеров и полимеров

кула полимера может состоять из многих тысяч соединённых между собой мономеров, которые могут быть одинаковыми или разными (рис. 4).

Свойства биополимеров зависят от строения их молекул: от числа и разнообразия мономерных звеньев, образующих полимер. Все они универсальны, так как построены по одному плану у всех живых организмов, независимо от видовой принадлежности.

Для каждого вида биополимеров характерны определённое строение и функции. Так, молекулы *белков* являются основными структурными элементами клеток и регулируют протекающие в них процессы. *Нуклеиновые кислоты* участвуют в передаче генетической (наследственной) информации от клетки к клетке, от организма к организму. *Углеводы* и *жиры* представляют собой важнейшие источники энергии, необходимой для жизнедеятельности организмов.

Именно на молекулярном уровне происходит превращение всех видов энергии и обмен веществ в клетке. Механизмы этих процессов также универсальны для всех живых организмов.

В то же время оказалось, что разнообразные свойства биополимеров, входящих в состав всех организмов, обус-

ловлены различными сочетаниями всего лишь нескольких типов мономеров, образующих множество вариантов длинных полимерных цепей. Этот принцип лежит в основе многообразия жизни на нашей планете.

Специфические свойства биополимеров проявляются только в живой клетке. Выделенные из клеток, молекулы биополимеров теряют биологическую сущность и характеризуются лишь физико-химическими свойствами того класса соединений, к которому они относятся.

Только изучив молекулярный уровень, можно понять, как протекали процессы зарождения и эволюции жизни на нашей планете, каковы молекулярные основы наследственности и процессов обмена веществ в живом организме.

Преемственность между молекулярным и следующим за ним клеточным уровнем обеспечивается тем, что биологические молекулы — это тот материал, из которого образуются надмолекулярные — клеточные — структуры.

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА: БЕЛКИ, НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ, УГЛЕВОДЫ, ЖИРЫ (ЛИПИДЫ). БИОПОЛИМЕРЫ. МОНОМЕРЫ

Вопросы

1. Какие процессы исследуют учёные на молекулярном уровне?
2. Какие элементы преобладают в составе живых организмов?
3. Почему молекулы белков, нуклеиновых кислот, углеводов и липидов рассматриваются как биополимеры только в клетке?
4. Что понимается под универсальностью молекул биополимеров?
5. Чем достигается разнообразие свойств биополимеров, входящих в состав живых организмов?

Задания

Какие биологические закономерности можно сормулировать на основе анализа текста параграфа? Обсудите их с учащимися класса.

§ 5. Углеводы

1. Какие вещества, относящиеся к углеводам, вам известны?
2. Какую роль играют углеводы в живом организме?
3. В результате какого процесса углеводы образуются в клетках зелёных растений?

Углеводы, или *сахариды*, — одна из основных групп органических соединений. Они входят в состав клеток всех живых организмов.

Углеводы состоят из углерода, водорода и кислорода. Название «углеводы» они получили потому, что у большинства из них соотношение водорода и кислорода в молекуле такое же, как и в молекуле воды. Общая формула углеводов $C_n(H_2O)_m$.

Все углеводы делятся на простые, или *моносахариды*, и сложные, или *полисахариды* (рис. 5). Из моносахаридов наибольшее значение для живых организмов имеют *рибоза*, *дезоксирибоза*, *глюкоза*, *фруктоза*, *галактоза*.

$C_6H_{12}O_6$ Формула глюкозы

Структурная формула глюкозы (моносахарид)

$C_{12}H_{24}O_{11}$ Формула сахарозы

Структурная формула сахарозы (дисахарид)

$(C_6H_{10}O_5)_n$ Формула крахмала

Структурная формула крахмала (полисахарид)

Рис. 5. Строение молекул простых и сложных углеводов

Ди- и *полисахариды* образуются путём соединения двух и более молекул моносахаридов. Так, *сахароза* (тростниковый сахар), *мальтоза* (солодовый сахар), *лактоза* (молочный сахар) — *дисахариды*, образовавшиеся в результате слияния двух молекул моносахаридов. Дисахариды по своим свойствам близки к моносахаридам. Например, и те и другие хорошо растворимы в воде и имеют сладкий вкус.

Полисахариды состоят из большого числа моносахаридов. К ним относятся *крахмал*, *гликоген*, *целлюлоза*, *хитин* и др. (рис. 6). С увеличением количества мономеров растворимость полисахаридов уменьшается и сладкий вкус исчезает.

Основная функция углеводов — *энергетическая*. При расщеплении и окислении молекул углеводов выделяется энергия (при распаде 1 г углеводов — 17,6 кДж), которая обеспечивает жизнедеятельность организма. При избытке углеводов они накапливаются в клетке в качестве запасных веществ (крахмал, гликоген) и при необходимости используются организмом в качестве источника энергии. Усиленное расщепление углеводов в клетках можно наблюдать, например, при прорастании семян, интенсивной мышечной работе, длительном голодании.

Углеводы используются и в качестве *строительного материала*. Так, целлюлоза является важным структурным компонентом клеточных стенок многих одноклеточ-

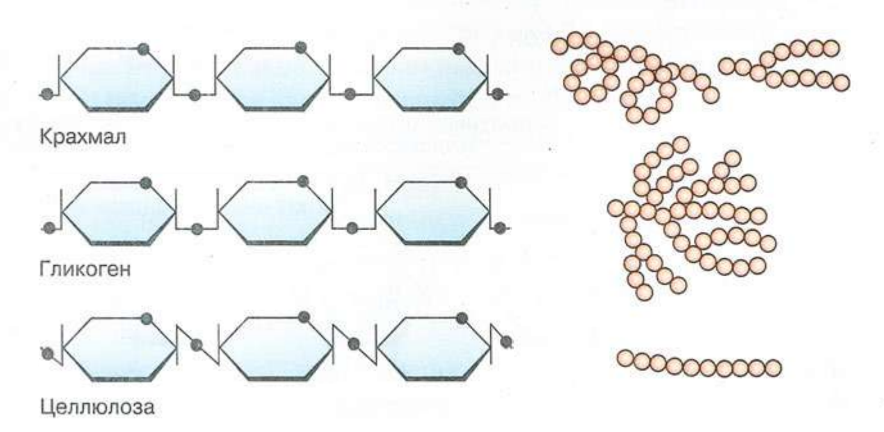


Рис. 6. Схема строения полисахаридов

ных, грибов и растений. Благодаря особому строению целлюлоза нерастворима в воде и обладает высокой прочностью. В среднем 20—40% материала клеточных стенок растений составляет целлюлоза, а волокна хлопка — почти чистая целлюлоза, и именно поэтому они используются для изготовления тканей.

Хитин входит в состав клеточных стенок некоторых простейших и грибов, встречается он и у отдельных групп животных, например у членистоногих, в качестве важного компонента их наружного скелета.

Известны также сложные полисахариды, состоящие из двух типов простых сахаров, которые регулярно чередуются в длинных цепях. Такие полисахариды выполняют структурные функции в опорных тканях животных. Они входят в состав межклеточного вещества кожи, сухожилий, хрящей, придавая им прочность и эластичность.

Некоторые полисахариды входят в состав клеточных мембран и служат рецепторами, обеспечивая узнавание клетками друг друга и их взаимодействие.

УГЛЕВОДЫ, ИЛИ САХАРИДЫ. МОНОСАХАРИДЫ. ДИСАХАРИДЫ. ПОЛИСАХАРИДЫ. РИБОЗА. ДЕЗОКСИРИБОЗА. ГЛЮКОЗА. ФРУКТОЗА. ГАЛАКТОЗА. САХАРОЗА. МАЛЬТОЗА. ЛАКТОЗА. КРАХМАЛ. ГЛИКОГЕН. ХИТИН

Вопросы

1. Какой состав и строение имеют молекулы углеводов?
2. Какие углеводы называются моно-, ди- и полисахаридами?
3. Какие функции выполняют углеводы в живых организмах?

Задания

Проанализируйте рисунок 6 «Схема строения полисахаридов» и текст параграфа. Какие предположения вы можете выдвинуть на основе сравнения особенностей строения молекул и функций, выполняемых крахмалом, гликогеном и целлюлозой в живом организме? Обсудите этот вопрос с одноклассниками.

§ 6. Липиды

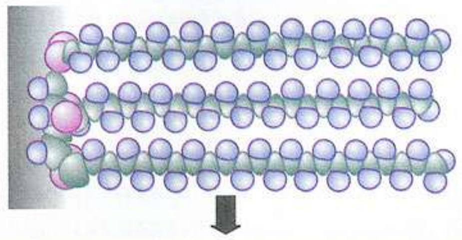
1. Какие жироподобные вещества вам известны?
2. Какие продукты питания богаты жирами?
3. Какова роль жиров в организме?

Липиды (от греч. *lipos* — жир) — обширная группа жироподобных веществ, нерастворимых в воде. Большинство липидов состоит из высокомолекулярных жирных кислот и трёхатомного спирта глицерина (рис. 7).

Содержание липидов в разных клетках сильно варьирует: от 2—3 до 50—90% в клетках семян некоторых растений и жировой ткани животных.

Липиды присутствуют во всех без исключения клетках, выполняя специфические биологические функции.

Жиры — наиболее простые и широко распространённые липиды — играют важную роль как *источник энергии*. При окислении они дают более чем в два раза больше энергии по сравнению с углеводами (38,9 кДж при расщеплении 1 г жира).



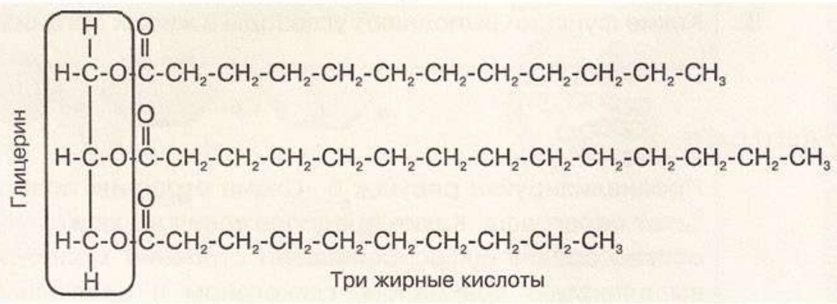


Рис. 7. Строение молекулы триглицерида

Жиры являются основной формой *запасания липидов* в клетке. У позвоночных животных примерно половина энергии, потребляемой клетками в состоянии покоя, образуется за счёт окисления жиров. Жиры могут использоваться также в качестве источника воды (при окислении 1 г жира образуется более 1 г воды). Это особенно ценно для арктических и пустынных животных, обитающих в условиях дефицита свободной воды.

Благодаря низкой теплопроводности липиды выполняют *защитные функции*, т. е. служат для теплоизоляции организмов. Например, у многих позвоночных животных хорошо выражен подкожный жировой слой, что позволяет им жить в условиях холодного климата, а у китообразных он играет ещё и другую роль — способствует плавучести.

Липиды выполняют и *строительную функцию*, так как нерастворимость в воде делает их важнейшими компонентами клеточных мембран.

Многие *гормоны* (например, коры надпочечников, половые) являются производными липидов. Следовательно, липидам присуща *регуляторная функция*.

ЛИПИДЫ. ЖИРЫ. ГОРМОНЫ. ФУНКЦИИ ЛИПИДОВ: ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ, ЗАПАСАЮЩАЯ, ЗАЩИТНАЯ, СТРОИТЕЛЬНАЯ, РЕГУЛЯТОРНАЯ

Вопросы

1. Какие вещества относятся к липидам?
2. Какое строение имеет большинство липидов?
3. Какие функции выполняют липиды?
4. Какие клетки и ткани наиболее богаты липидами?

Задания

Проанализировав текст параграфа, объясните, почему многие животные перед зимой, а проходные рыбы перед нерестом стремятся накопить побольше жира. Приведите примеры животных и растений, у которых это явление наиболее ярко выражено. Всегда ли излишки жира полезны для организма? Обсудите эту проблему в классе.

§ 7. Состав и строение белков

1. **Какова роль белков в организме?**
2. **Какие продукты богаты белками?**

Среди органических веществ *белки*, или *протеины*, — самые многочисленные, наиболее разнообразные и имеющие первостепенное значение биополимеры. На их долю приходится 50—80% сухой массы клетки.

Молекулы белков имеют большие размеры, поэтому их называют *макромолекулами*. Кроме углерода, кислорода, водорода и азота, в состав белков могут входить сера, фосфор и железо. Белки отличаются друг от друга числом (от ста до нескольких тысяч), составом и последовательностью мономеров. Мономерами белков являются аминокислоты (рис. 8).

Бесконечное разнообразие белков создаётся за счёт различного сочетания всего 20 аминокислот. Каждая аминокислота имеет своё название, особое строение и свойства. Их общую формулу можно представить в следующем виде:

$$H_2N—CH—COOH$$
$$|$$
$$R$$

Аминогруппа — H_2N; Карбоксильная группа — $COOH$; Радикал — R

Молекула аминокислоты состоит из двух одинаковых для всех аминокислот частей, одна из которых является аминогруппой ($—NH_2$) с основными свойствами, другая — карбоксильной группой ($—COOH$) с кислотными свой-

Рис. 8. Примеры строения аминокислот — мономеров белковых молекул

ствами. Часть молекулы, называемая радикалом (R), у разных аминокислот имеет различное строение. Наличие в одной молекуле аминокислоты основной и кислотной групп обусловливает их высокую реакционную способность. Через эти группы происходит соединение аминокислот при образовании белка. При этом возникает молекула воды, а освободившиеся электроны образуют *пептидную связь*. Поэтому белки называют *полипептидами*.

$$\begin{array}{c} H \\ \diagdown \\ N \\ \diagup \\ H \end{array} \!\!-\! \begin{array}{c} R_1 \\ | \\ C \\ | \\ H \end{array} \!-\! \begin{array}{c} O \\ /\!/ \\ C \\ \diagdown \\ \boxed{OH} \end{array} + \begin{array}{c} H \\ \diagdown \\ N \\ \diagup \\ \boxed{H} \end{array} \!\!-\! \begin{array}{c} R_1 \\ | \\ C \\ | \\ H \end{array} \!-\! \begin{array}{c} O \\ /\!/ \\ C \\ \diagdown \\ OH \end{array} \longrightarrow$$

$$\longrightarrow H_2O + \begin{array}{c} H \\ \diagdown \\ N \\ \diagup \\ H \end{array} \!\!-\! \begin{array}{c} R_1 \\ | \\ C \\ | \\ H \end{array} \!-\! \begin{array}{c} \\ \\ C \\ \| \\ O \end{array} \!-\! \begin{array}{c} \\ \\ N \\ | \\ H \end{array} \!-\! \begin{array}{c} R_1 \\ | \\ C \\ | \\ H \end{array} \!-\! \begin{array}{c} O \\ /\!/ \\ C \\ \diagdown \\ OH \end{array}$$

Пептидная связь

Молекулы белков могут иметь различные пространственные конфигурации — *структуры белка*, и в их строении различают четыре уровня структурной организации (рис. 9).

Последовательность аминокислот в составе полипептидной цепи представляет *первичную структуру* белка. Она уникальна для любого белка и определяет его форму, свойства и функции.

Большинство белков имеют вид спирали в результате образования водородных связей между CO и NH-группами разных аминокислотных остатков полипептидной цепи. Водородные связи слабые, но в комплексе они обеспечивают довольно прочную структуру. Эта спираль — *вторичная структура* белка.

Третичная структура — трёхмерная пространственная «упаковка» полипептидной цепи. В результате возникает причудливая, но для каждого белка специфическая конфигурация — *глобула*. Прочность третичной структуры обеспечивается разнообразными связями, возникающими между радикалами аминокислот.

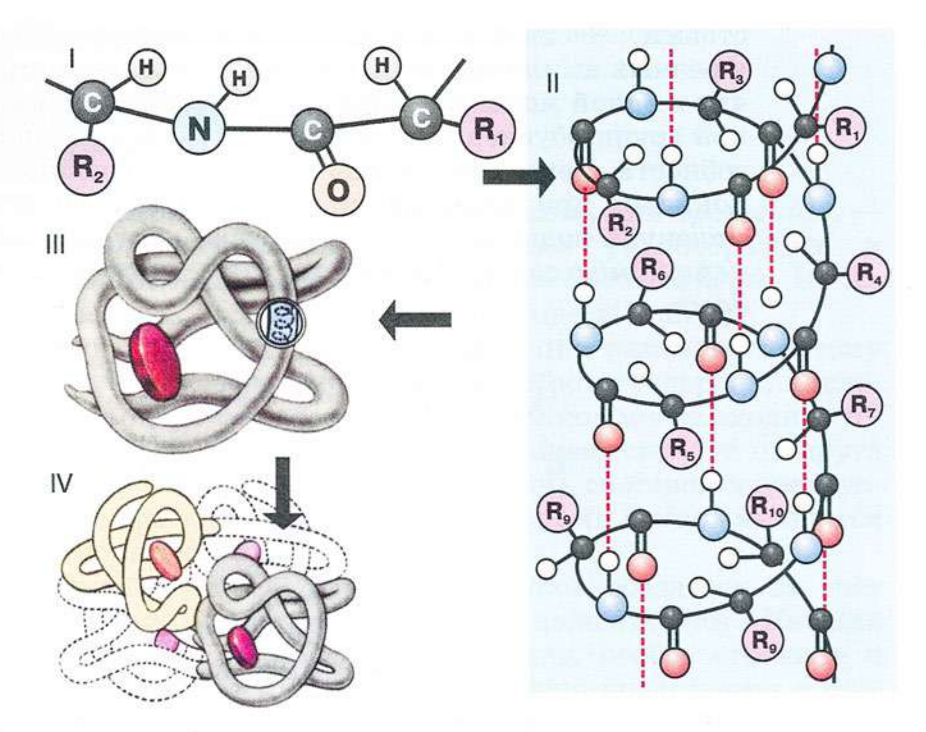
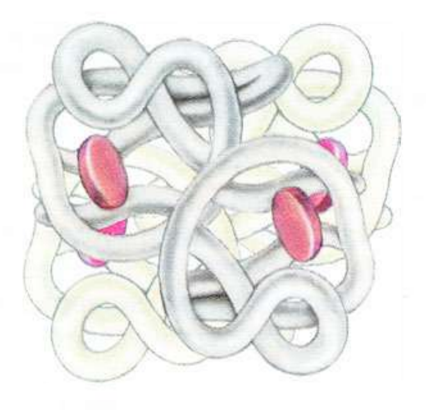


Рис. 9. Схема строения белковой молекулы:
I, II, III, IV — первичная, вторичная, третичная, четвертичная структуры

Четвертичная структура характерна не для всех белков. Она возникает в результате соединения нескольких макромолекул с третичной структурой в сложный комплекс. Например, гемоглобин крови человека представляет комплекс из четырёх макромолекул белка (рис. 10).

Такая сложность структуры белковых молекул связана с разнообразием функций, свойственных этим биополимерам.

Нарушение природной структуры белка называют *денатурацией* (рис. 11). Она может происходить под воздействием температуры, химических веществ, лучистой энергии и других факторов. При слабом воздействии распадается только четвертичная структура, при более сильном — третичная, а затем — вторичная, и белок остаётся в виде полипептидной цепи.



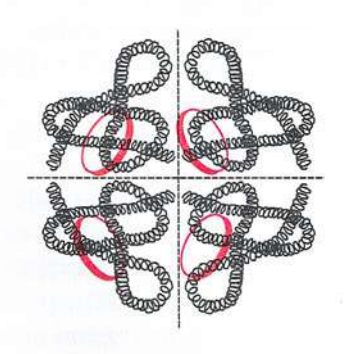


Рис. 10. Схема строения молекулы гемоглобина

Этот процесс частично обратим: если не разрушена первичная структура, то денатурированный белок способен восстанавливать свою структуру. Отсюда следует, что все особенности строения макромолекулы белка определяются его первичной структурой.

Кроме *простых белков*, состоящих только из аминокислот, есть ещё и *сложные белки*, в состав которых могут входить углеводы (*гликопротеины*), жиры (*липопротеины*), нуклеиновые кислоты (*нуклеопротеины*) и др.

Роль белков в жизни клетки огромна. Современная биология показала, что сходство и различие организмов определяется в конечном счёте набором белков. Чем ближе организмы друг к другу в систематическом положении, тем более сходны их белки.

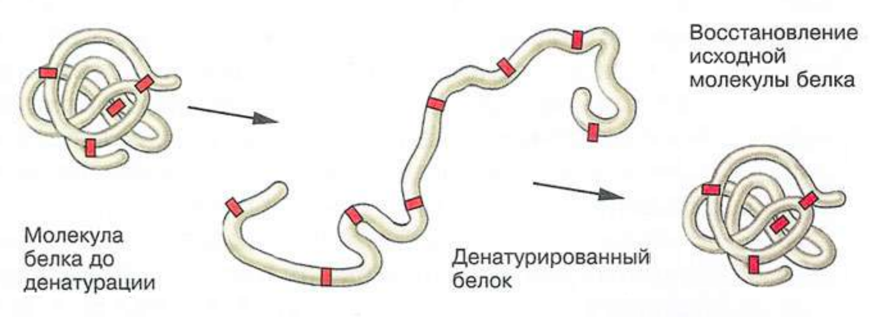


Рис. 11. Денатурация белка

БЕЛКИ, ИЛИ ПРОТЕИНЫ. ПРОСТЫЕ И СЛОЖНЫЕ БЕЛКИ. АМИНОКИСЛОТЫ. ПОЛИПЕПТИД. ПЕРВИЧНАЯ, ВТОРИЧНАЯ, ТРЕТИЧНАЯ И ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СТРУКТУРЫ БЕЛКОВ

Вопросы

1. Какие вещества называются белками или протеинами?
2. Что такое первичная структура белка?
3. Как образуются вторичная, третичная и четвертичная структуры белка?
4. Что такое денатурация белка?
5. По какому признаку белки делятся на простые и сложные?

Задания

Вы знаете, что белок куриного яйца состоит в основном из протеинов. Подумайте, чем объясняется изменение структуры белка у варёного яйца. Приведите другие известные вам примеры, когда структура белка может измениться.

§ 8. Функции белков

1. Какова функция углеводов?
2. Какие функции белков вы знаете?

Белки выполняют чрезвычайно важные и многообразные функции. Это возможно в значительной мере благодаря разнообразию форм и состава самих белков.

Одна из важнейших функций белковых молекул — *строительная* (*пластическая*). Белки входят в состав всех клеточных мембран и органоидов клетки. Преимущественно из белка состоят стенки кровеносных сосудов, хрящи, сухожилия, волосы и ногти.

Громадное значение имеет *каталитическая*, или *ферментативная*, *функция белков*. Специальные белки — ферменты способны ускорять биохимические реакции в клетке в десятки и сотни миллионов раз. Известно около

тысячи ферментов. Каждая реакция катализируется особым ферментом. Подробнее вы узнаете об этом ниже.

Двигательную функцию выполняют особые сократительные белки. Благодаря им двигаются реснички и жгутики у простейших, перемещаются хромосомы при делении клетки, сокращаются мышцы у многоклеточных, совершенствуются другие виды движения у живых организмов.

Важное значение имеет *транспортная функция* белков. Так, гемоглобин переносит кислород из лёгких к клеткам других тканей и органов. В мышцах, помимо гемоглобина, есть ещё один газотранспортный белок — миоглобин. Белки сыворотки крови способствуют переносу липидов и жирных кислот, различных биологически активных веществ. Транспортные белки в наружной мембране клеток переносят различные вещества из окружающей среды в цитоплазму.

Специфические белки выполняют *защитную функцию*. Они предохраняют организм от вторжения чужеродных белков и микроорганизмов и от повреждения. Так, антитела, вырабатываемые лимфоцитами, блокируют чужеродные белки; фибрин и тромбин предохраняют организм от кровопотери.

Регуляторная функция присуща белкам — *гормонам*. Они поддерживают постоянные концентрации веществ в крови и клетках, участвуют в росте, размножении и других жизненно важных процессах. Например, инсулин регулирует содержание сахара в крови.

Белкам присуща также *сигнальная функция*. В мембрану клетки встроены белки, способные изменять свою третичную структуру в ответ на действие факторов внешней среды. Так происходит приём сигналов из внешней среды и передача информации в клетку.

Белки могут выполнять *энергетическую функцию*, являясь одним из источников энергии в клетке. При полном расщеплении 1 г белка до конечных продуктов выделяется 17,6 кДж энергии. Однако в качестве источника энергии белки используются крайне редко. Аминокислоты, высвобождающиеся при расщеплении белковых молекул, используются для построения новых белков.

ФУНКЦИИ БЕЛКОВ: СТРОИТЕЛЬНАЯ, ДВИГАТЕЛЬНАЯ, ТРАНСПОРТНАЯ, ЗАЩИТНАЯ, РЕГУЛЯТОРНАЯ, СИГНАЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ, КАТАЛИТИЧЕСКАЯ. ГОРМОН. ФЕРМЕНТ

Вопросы

1. Чем объясняется многообразие функций белков?
2. Какие функции белков вам известны?
3. Какую роль играют белки-гормоны?
4. Какую функцию выполняют белки-ферменты?
5. Почему белки редко используются в качестве источника энергии?

§ 9. Нуклеиновые кислоты

1. Какова роль ядра в клетке?

2. С какими органоидами клетки связана передача наследственных признаков?

3. Какие вещества называются кислотами?

Нуклеиновые кислоты (от лат. *nucleus* — ядро) впервые были обнаружены в ядрах лейкоцитов. Впоследствии было выяснено, что нуклеиновые кислоты содержатся во всех клетках, причём не только в ядре, но также в цитоплазме и различных органоидах.

Различают два типа нуклеиновых кислот — *дезоксирибонуклеиновые* (сокращённо *ДНК*) и *рибонуклеиновые* (сокращённо *РНК*). Различие в названиях объясняется тем, что молекула ДНК содержит углевод *дезоксирибозу*, а молекула РНК — *рибозу*.

Нуклеиновые кислоты — биополимеры, состоящие из мономеров — *нуклеотидов*. Мономеры-нуклеотиды ДНК и РНК имеют сходное строение.

Каждый нуклеотид состоит из трёх компонентов, соединённых прочными химическими связями. Это *азотистое основание*, *углевод* (рибоза или дезоксирибоза) и *остаток фосфорной кислоты* (рис. 12).

В состав *молекулы ДНК* входят четыре типа азотистых оснований: *аденин*, *гуанин*, *цитозин* или *тимин*.

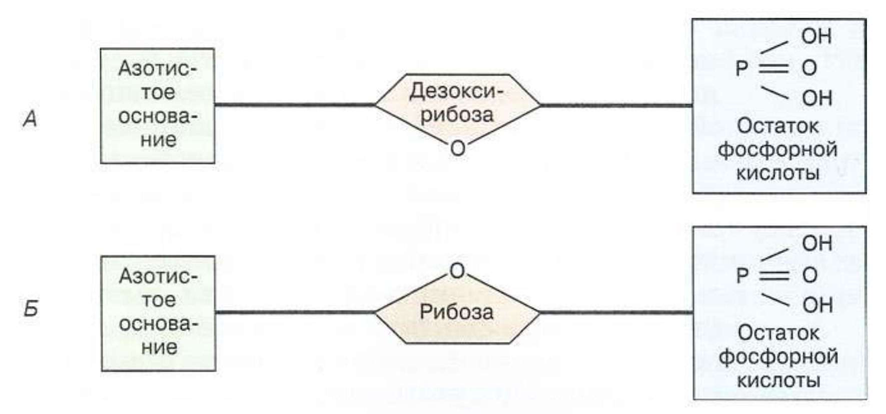


Рис. 12. Схема строения нуклеотидов — мономеров ДНК (*А*) и РНК (*Б*)

Они и определяют названия соответствующих нуклеотидов: адениловый (А), гуаниловый (Г), цитидиловый (Ц) и тимидиловый (Т) (рис. 13).

Каждая цепь ДНК представляет полинуклеотид, состоящий из нескольких десятков тысяч нуклеотидов.

Молекула ДНК имеет сложное строение. Она состоит из двух спирально закрученных цепей, которые по всей длине соединены друг с другом водородными связями. Такую структуру, свойственную только молекулам ДНК, называют *двойной спиралью*.

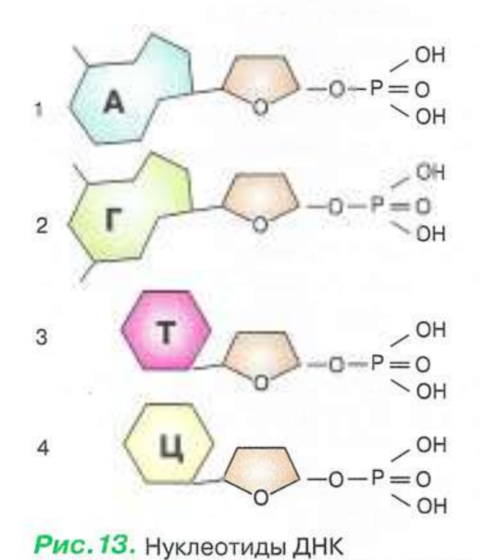


Рис. 13. Нуклеотиды ДНК

Рис. 14. Комплементарное соединение нуклеотидов

При образовании двойной спирали ДНК азотистые основания одной цепи располагаются в строго определённом порядке против азотистых оснований другой. При этом обнаруживается важная закономерность: против аденина одной цепи всегда располагается тимин другой цепи, против гуанина — цитозин, и наоборот. Это объясняется тем, что пары нуклеотидов аденин и тимин, а также гуанин и цитозин строго соответствуют друг другу и являются дополнительными, или *комплементарными* (от лат. *complementum* — дополнение), друг другу. А сама закономерность носит название *принцип комплементарности*. При этом между аденином и тимином всегда возникают две водородные связи, а между гуанином и цитозином — три (рис. 14).

Следовательно, у всякого организма число адениловых нуклеотидов равно числу тимидиловых, а число гуаниловых — числу цитидиловых. Зная последовательность нуклеотидов в одной цепи ДНК, по принципу комплементарности можно установить порядок нуклеотидов другой цепи.

С помощью четырёх типов нуклеотидов в ДНК записана вся информация об организме, передающаяся по наследству следующим поколениям. Другими словами, ДНК является носителем наследственной информации.

Молекулы ДНК в основном находятся в ядрах клеток, но небольшое их количество содержится в митохондриях и пластидах.

Молекула РНК, в отличие от молекулы ДНК, — полимер, состоящий из одной цепочки значительно меньших размеров.

Мономерами РНК являются нуклеотиды, состоящие из рибозы, остатка фосфорной кислоты и одного из четырёх азотистых оснований. Три азотистых основания — аденин, гуанин и цитозин — такие же, как и у ДНК, а четвёртое — *урацил*.

Образование полимера РНК происходит через ковалентные связи между рибозой и остатком фосфорной кислоты соседних нуклеотидов.

Выделяют три типа РНК, различающихся по структуре, величине молекул, расположению в клетке и выполняемым функциям.

Рибосомные РНК (*рРНК*) входят в состав рибосом и участвуют в формировании их активных центров, где происходит процесс биосинтеза белка.

Транспортные РНК (*тРНК*) — самые небольшие по размеру — транспортируют аминокислоты к месту синтеза белка.

Информационные, или *матричные*, *РНК* (*иРНК*) синтезируются на участке одной из цепей молекулы ДНК и передают информацию о структуре белка из ядра клеток к рибосомам, где эта информация реализуется.

Таким образом, различные типы РНК представляют собой единую функциональную систему, направленную на реализацию наследственной информации через синтез белка.

Молекулы РНК находятся в ядре, цитоплазме, рибосомах, митохондриях и пластидах клетки.

НУКЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА. ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА, ИЛИ ДНК. РИБОНУКЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА, ИЛИ РНК. АЗОТИСТЫЕ ОСНОВАНИЯ: АДЕНИН, ГУАНИН, ЦИТОЗИН, ТИМИН, УРАЦИЛ, НУКЛЕОТИД. ДВОЙНАЯ СПИРАЛЬ. КОМПЛЕМЕНТАРНОСТЬ. ТРАНСПОРТНАЯ РНК (тРНК). РИБОСОМНАЯ РНК (рРНК). ИНФОРМАЦИОННАЯ РНК (иРНК)

Вопросы

1. Какое строение имеет нуклеотид?
2. Какое строение имеет молекула ДНК?
3. В чём заключается принцип комплементарности?
4. Что общего и какие различия в строении молекул ДНК и РНК?
5. Какие типы молекул РНК вам известны? Каковы их функции?

Задания

1. Составьте план параграфа.
2. Учёные выяснили, что фрагмент цепи ДНК имеет следующий состав: Ц—Г—Г—А—А—Т—Т—Ц—Ц—. Используя принцип комплементарности, достройте вторую цепь.
3. В ходе исследования было установлено, что в изучаемой молекуле ДНК аденины составляют 26% от общего числа азотистых оснований. Подсчитайте количество других азотистых оснований в этой молекуле.

§ 10. АТФ и другие органические соединения клетки

1. **Какие органические вещества вы знаете?**
2. **Какие витамины вам известны? Какова их роль?**
3. **Какие виды энергии вам известны?**
4. **Почему для жизнедеятельности любого организма необходима энергия?**

Аденозинтрифосфат (АТФ) — нуклеотид, состоящий из азотистого основания аденина, углевода рибозы и трёх остатков фосфорной кислоты (рис. 15), содержится в цитоплазме, митохондриях, пластидах и ядрах.

АТФ — неустойчивая структура. При отделении одного остатка фосфорной кислоты АТФ переходит в *аденозиндифосфат* (АДФ), если отделяется ещё один остаток фосфорной кислоты (что бывает крайне редко), то АДФ переходит в аденозинмонофосфат (АМФ). При отделении каждого остатка фосфорной кислоты освобождается 40 кДж энергии:

$$\text{АТФ} + H_2O \longrightarrow \text{АДФ} + H_3PO_4 + 40\ \text{кДж},$$
$$\text{АДФ} + H_2O \longrightarrow \text{АМФ} + H_3PO_4 + 40\ \text{кДж}.$$

Связь между остатками фосфорной кислоты называют *макроэргической* (она обозначается символом ~), так как при её разрыве выделяется почти в четыре раза больше энергии, чем при расщеплении других химических связей (рис. 16).

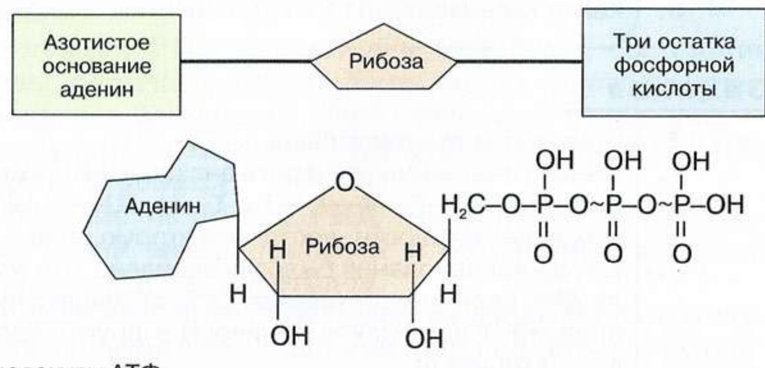


Рис. 15. Строение молекулы АТФ

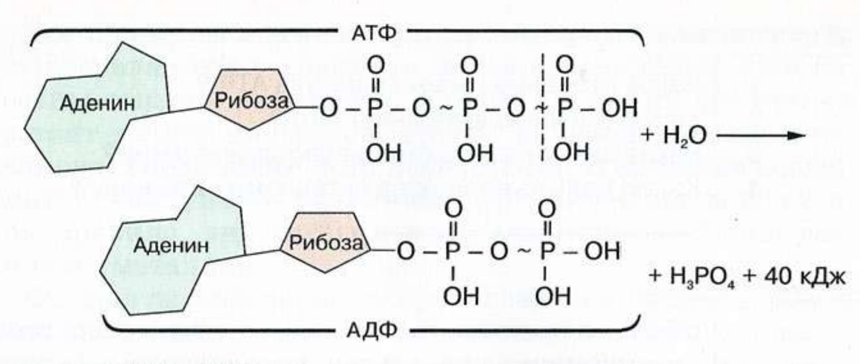


Рис. 16. Превращение АТФ в АДФ

АТФ — универсальный источник энергии для всех реакций, протекающих в клетке.

Витамины (от лат. *vita* — жизнь) — сложные биоорганические соединения, необходимые в малых количествах для нормальной жизнедеятельности организмов. Как недостаток, так и избыток витаминов может привести к серьёзным нарушениям многих физиологических функций в организме.

В отличие от других органических веществ, витамины не используются в качестве источника энергии или строительного материала. Некоторые витамины могут синтезироваться самим организмом (например, бактерии способны образовывать практически все витамины). Другие витамины поступают в организм с пищей.

Витамины принято обозначать буквами латинского алфавита. В основу современной классификации витаминов положена их способность растворяться в воде и жирах. Различают *жирорастворимые* (A, D, E и K) и *водорастворимые* (B, C, PP и др.) витамины.

Кроме перечисленных выше органических соединений (углеводы, липиды, белки, нуклеиновые кислоты, витамины), в любой клетке всегда есть много других органических веществ. Они являются промежуточными или конечными продуктами биосинтеза и распада.

АДЕНОЗИНТРИФОСФАТ (АТФ). АДЕНОЗИНДИФОСФАТ (АДФ). АДЕНОЗИНМОНОФОСФАТ (АМФ). МАКРОЭРГИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ. ВИТАМИНЫ ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ И ВОДОРАСТВОРИМЫЕ

Вопросы

1. Какое строение имеет молекула АТФ?
2. Какую функцию выполняет АТФ?
3. Какие связи называются макроэргическими?
4. Какую роль выполняют в организме витамины?

Задания

Обобщив имеющиеся у вас знания, подготовьте сообщение о роли витаминов в нормальном функционировании организма человека. Обсудите с одноклассниками вопрос: каким образом человек может обеспечить свой организм необходимым количеством витаминов?

§ 11. Биологические катализаторы

1. Какие вещества называются катализаторами?
2. Какова их роль в химических реакциях?
3. Какой фермент желудочного сока является основным? Какие вещества и при каких условиях он расщепляет?

Катализом называется явление ускорения реакции без изменения её общего результата. Вы знаете, что для протекания многих химических реакций необходимы высокие температура и давление. В живой клетке умеренная температура, нормальное давление. В таких условиях большинство реакций или вообще не протекали бы, или протекали бы очень медленно, если бы не подвергались воздействию катализаторов. Вещества, изменяющие скорость химической реакции, но не входящие в состав продуктов реакции, называются *катализаторами*.

Каталитической способностью обладают некоторые молекулы РНК. Очевидно, это свойство РНК имело очень важное значение на начальном этапе зарождения жизни на нашей планете. В настоящее время роль молекул РНК как катализаторов крайне мала, а основными биокатализаторами в клетке являются *ферменты*.

Все процессы в живом организме прямо или косвенно осуществляются с участием ферментов. Сейчас уже известны тысячи ферментов. Молекулы одних ферментов состоят только из белков, другие включают белок и небелковое соединение, или *кофермент*. В качестве коферментов выступают различные органические вещества, как правило, витамины и неорганические — ионы различных металлов.

Ферменты участвуют в процессах как синтеза, так и распада. При этом ферменты действуют в строго определённой последовательности, они специфичны для каждого вещества и ускоряют только определённые реакции. Встречаются ферменты, которые катализируют несколько реакций. Избирательность действия ферментов на разные химические вещества связана с их строением. Молекулы ферментов имеют *активный центр* — небольшой участок, на котором идёт данная реакция. Форма и химическое строение активного центра таковы, что с ним могут связываться только определённые молекулы в силу их комплементарности друг другу.

У некоторых ферментов в присутствии молекул определённых веществ конфигурация активного центра может изменяться, т. е. фермент таким образом может обеспечить наибольшую ферментативную активность (рис. 17).

На заключительном этапе химической реакции комплекс «фермент — вещество» распадается с образованием конечных продуктов и свободного фермента. Освободившийся при этом активный центр фермента может принимать новые молекулы вещества.

Ферменты увеличивают скорость химических реакций в тысячи и миллионы раз. Но скорость ферментативных реакций зависит от многих факторов — природы



Рис. 17. Схема образования комплекса «фермент — вещество»

и концентрации фермента и вещества, температуры, давления, реакции среды и т. д. Для функционирования каждого фермента имеются оптимальные условия. Например, одни ферменты активны в нейтральной, другие — в кислой или щелочной среде. При температуре свыше 60 °С большинство ферментов не функционирует.

КАТАЛИЗАТОР. ФЕРМЕНТ. КОФЕРМЕНТ. АКТИВНЫЙ ЦЕНТР ФЕРМЕНТА

 ***Выполните лабораторную работу.***

Расщепление пероксида водорода ферментом каталазой

Цель работы: показать действие фермента каталаза на пероксид водорода (H_2O_2) и условия, в которых он функционирует.

Информация для учащихся

Пероксид водорода — ядовитое вещество, образующееся в клетке в процессе её жизнедеятельности. Фермент каталаза, расщепляя H_2O_2 на воду и кислород, играет защитную роль в клетке.

Ход работы

1. Поместите в первую из трёх пробирок кусочек сырого мяса, во вторую — кусочек сырого картофеля, в третью — кусочек варёного картофеля.
2. Прилейте в пробирки по 2 мл 3%-го раствора H_2O_2.
3. Запишите наблюдаемые вами явления в каждой пробирке.
4. Сделайте вывод.

Вопросы

1. Какие вещества называются катализаторами?
2. Какую роль играют ферменты в клетке?
3. От каких факторов может зависеть скорость ферментативных реакций?
4. Почему большинство ферментов при высокой температуре теряет каталитические свойства?
5. Почему недостаток витаминов может вызвать нарушения в процессах жизнедеятельности организма?

Задания

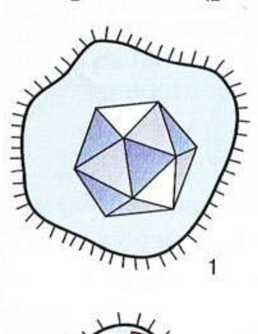
Проанализировав знания, полученные на предыдущих уроках, объясните, почему большинство ферментов при высокой температуре теряет каталитические свойства.

§ 12. Вирусы

1. Какими свойствами обладают живые организмы?
2. Какие нуклеиновые кислоты вы знаете?
3. Какие функции выполняют нуклеиновые кислоты?

Вирусы (от лат. *virus* — яд) не имеют клеточного строения. Они представляют собой простейшую форму жизни на нашей планете, занимая пограничное положение между неживой и живой материей.

Вирусы — это внутриклеточные паразиты, и вне клетки они не проявляют никаких свойств живого. Они не потребляют пищи и не вырабатывают энергии, не растут, у них нет обмена веществ. Многие из них во внешней среде имеют форму кристаллов. Вирусы настолько малы, что их можно увидеть только с помощью электронного микроскопа (рис. 18).



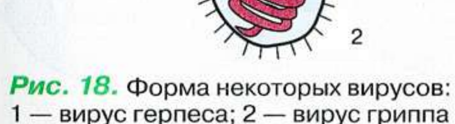


Рис. 18. Форма некоторых вирусов: 1 — вирус герпеса; 2 — вирус гриппа

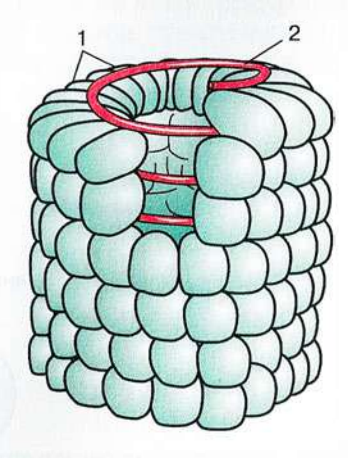


Рис. 19. Модель вируса табачной мозаики: 1 — белковая оболочка; 2 — РНК

От неживой материи вирусы отличаются двумя свойствами: способностью воспроизводить себе подобные формы (размножаться) и обладанием наследственностью и изменчивостью.

Устроены вирусы очень просто. Каждая вирусная частица состоит из РНК или ДНК, заключённой в белковую оболочку, которую называют *капсидом* (рис. 19).

Проникнув в клетку, вирус изменяет в ней обмен веществ, направляя всю её деятельность на производство вирусной нуклеиновой кислоты и вирусных белков. Внутри клетки происходит *самосборка* вирусных частиц из синтезированных молекул нуклеиновой кислоты и белков. До момента гибели в клетке успевает синтезироваться огромное число вирусных частиц. В конечном итоге клетка гибнет, оболочка её лопается и вирусы выходят из клетки-хозяина (рис. 20).

Поселяясь в клетках живых организмов, вирусы вызывают многие опасные заболевания: у человека — грипп, оспу, корь, полиомиелит, свинку, бешенство, СПИД и многие другие; у растений — мозаичную болезнь табака, томатов, огурцов, скручивание листьев, карликовость и др.; у животных — ящур, чуму свиней и птиц, инфекционную анемию лошадей и др.

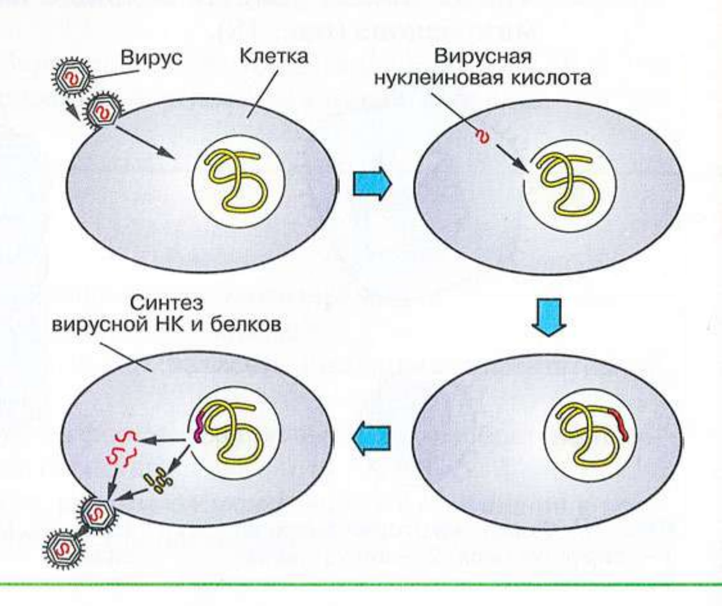


Рис. 20. Цикл развития вируса

Происхождение вирусов в процессе эволюции пока неясно. Большинство учёных предполагают, что вирусы представляют собой клетки или их фрагменты, которые в ходе приспособления к паразитизму утратили всё, без чего «можно обойтись», за исключением своего наследственного аппарата в виде нуклеиновой кислоты и защитной белковой оболочки.

ВИРУСЫ. КАПСИД. САМОСБОРКА

Вопросы

1. Какое строение имеют вирусы?
2. На основании чего вирусы относят к живым организмам?
3. Какие особенности отличают вирусы от других живых организмов?

Дополнительные сведения

Молекулярная биология изучает основные свойства и проявления жизни на молекулярном уровне. Как самостоятельная наука молекулярная биология сформировалась в 50-х гг. XX в. Её рождение часто относят к 1953 г., когда была опубликована работа американского биолога Д. Уотсона и английского физика Ф. Крика о пространственной структуре ДНК, причём биологическая функция этой молекулы была увязана с её химическим строением. Молекулярная биология имеет важное практическое значение в развитии сельского хозяйства, в микробиологической промышленности и как теоретическая основа медицины.

Задания

На обобщающем уровне обсудите значение молекулярной биологии в современном мире.

Краткое содержание главы

Молекулярный уровень организации живой материи составляет предмет молекулярной биологии, изучающей строение и функции входящих в состав живых организ-

мов органических веществ — белков, углеводов, липидов, нуклеиновых кислот и др.

Белки являются основными структурными элементами клеток и регулируют протекающие в них процессы.

Нуклеиновые кислоты участвуют в передаче наследственной информации от клетки к клетке, от организма к организму.

Углеводы и липиды служат важнейшими источниками энергии, необходимой для жизнедеятельности организмов, и строительным материалом клетки.

Свойства биологических соединений зависят от строения их молекул. Углеводы состоят из углерода, водорода и кислорода. Они могут быть простыми (моносахариды) и сложными (полисахариды).

Липиды — группа жироподобных веществ, нерастворимых в воде. Большинство липидов состоит из высокомолекулярных жирных кислот и трёхатомного спирта глицерина.

Белки, или протеины, — биополимеры. Мономерами белков являются аминокислоты. Всё разнообразие белков создаётся различными сочетаниями всего 20 аминокислот.

Молекулы белков могут принимать различную пространственную конфигурацию: первичную, вторичную, третичную и четвертичную структуры. Такая сложность строения молекул белков связана с многочисленными функциями, выполняемыми этими биополимерами. Многие белки являются ферментами, т. е. биокатализаторами.

Нуклеиновые кислоты — биополимеры, состоящие из мономеров-нуклеотидов. В состав каждого нуклеотида входит азотистое основание, углевод (рибоза или дезоксирибоза) и остаток фосфорной кислоты. Различают два типа нуклеиновых кислот — РНК и ДНК.

АТФ является нуклеотидом, состоящим из азотистого основания аденина, углевода рибозы и трёх остатков фосфорной кислоты. АТФ — универсальный источник энергии для всех реакций, протекающих в клетке.

Вирусы — переходная форма между живой и неживой материей. Они состоят из РНК или ДНК и белковой оболочки.

Глава 2

Клеточный уровень

Клетка — элементарная единица жизни на Земле. Все живые существа на Земле, за исключением вирусов, построены из клеток и могут быть одноклеточными (бактерии, некоторые водоросли, простейшие) или многоклеточными. Клетка обладает всеми признаками живого организма: растёт, размножается, обменивается с окружающей средой веществами и энергией, реагирует на внешние раздражители.

Из этой главы вы узнаете

- как устроена клетка;
- каковы функции органоидов клетки;
- как клетка получает энергию;
- как клетка синтезирует вещества, необходимые ей для жизнедеятельности;
- как клетка делится.

§ 13. Клеточный уровень: общая характеристика

1. Что общего и какие различия между клетками растений и бактерий?
2. Все ли организмы на Земле имеют клеточное строение?

Клеточный уровень организации живого является предметом изучения отдельной биологической науки — цитологии. Она исследует строение и функционирование клеток, закономерности их специализации в ходе развития организмов, механизмы деления клеток, особенности протекающих в них химических процессов.

Химический состав клетки. Несмотря на различия в строении и выполняемых функциях все клетки состоят практически из одних и тех же химических элементов. Сходство элементарного химического состава клеток разных организмов указывает на единство живой природы. Примерно 98% от массы любой клетки приходится на четыре элемента: кислород (75%), углерод (15%), водород (8%) и азот (3%). На остальные более 70 элементов, которые могут входить в состав клетки, проходится 2% от её массы.

Со строением и функциями белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот и других органических соединений, входящих в состав клетки, вы познакомились, изучая молекулярный уровень организации живых систем.

Кроме органических, в клетке присутствуют и неорганические вещества — вода и минеральные соли.

Вода в клетке в количественном отношении занимает первое место среди всех других химических соединений. Чем выше интенсивность обмена веществ в той или иной клетке, тем больше в ней содержится воды.

Вода выполняет различные функции: сохранение объёма, упругости клетки, растворение различных веществ, большая часть химических реакций в клетке протекает в водных растворах.

Минеральные вещества в клетке могут находиться в виде растворённых солей либо в твёрдом состоянии. Например, в цитоплазме практически любой клетки имеются кристаллические включения, состоящие из слаборастворимых солей.

Ионы солей входят в состав цитоплазмы клеток, определяют её кислотно-щелочной баланс, активизируют многие ферменты.

Соединения азота, фосфора, кальция и других неорганических веществ используются для синтеза молекул органических веществ.

Соли кальция и фосфора обеспечивают прочность костей, ногтей, зубов. Катионы кальция принимают участие в регуляции сердечных сокращений и свёртываемости крови.

Методы изучения клетки. Исторически первым таким методом изучения клетки стала *световая микроскопия*. Первые микроскопы были изобретены в начале XVII в. и увеличивали в 20—35 раз. Современные световые микроскопы увеличивают изучаемый объект в 2000—2500 раз. В 30-х гг. XX в. появилась *электронная микроскопия*. Именно в это время был изобретён электронный микроскоп, который позволяет достигать увеличения до 1 000 000 раз (рис. 21).

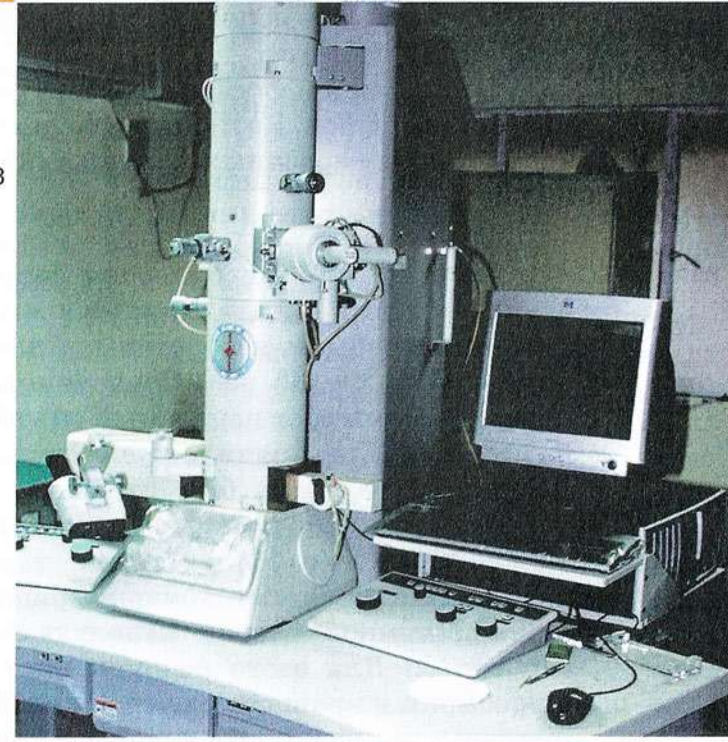
Для выделения митохондрий, рибосом, пластид и других органоидов клетки используют метод *центрифугирования*. Для этого разрушенные клетки помещают в пробирки и вращают с очень большой скоростью в специальных приборах — центрифугах.



1



2



3

Рис. 21. Микроскопы:
1 — микроскоп XVII в.;
2 — современные световые микроскопы;
3 — электронный микроскоп

В настоящее время учёные используют и другие физические и химические методы, позволяющие выделять и исследовать различные виды молекул, входящих в состав клетки.

Основные положения клеточной теории. Клетки различных органов животных, растений, грибов внешне не очень похожи друг на друга. Ну что общего, казалось бы, между нейроном нашего мозга, стрекательной клеткой гидры, инфузорией туфелькой и клеткой листа берёзы? И тем не менее между этими, да и всеми другими клетками, гораздо больше сходства, чем различий. И хотя многие учёные пользовались микроскопами для изучения живых существ, техника XVII—XVIII вв. была ещё очень несовершенной. Лишь в начале XIX в. Р. Броун смог увидеть внутри клеток листа плотное образование, которое он назвал *ядром*. К середине XIX в. немецкие учёные Т. Шванн и М. Шлейден, обобщив сведения, полученные многими исследователями, сформулировали *клеточную теорию*, одну из основных в современной биологии.

1. Все живые существа, от одноклеточных до крупных растительных и животных организмов, состоят из клеток.

2. Все клетки сходны по строению, химическому составу и жизненным функциям.

3. Несмотря на то что в многоклеточных организмах отдельные клетки специализируются на выполнении какой-то определённой «работы», они способны к самостоятельной жизнедеятельности, т. е. могут питаться, расти, размножаться.

М. Шлейден и Т. Шванн ошибочно полагали, что клетки могут самопроизвольно зарождаться в жидкостях или во множестве рождаться внутри старых клеток. Однако немецкий биолог и врач Р. Вирхов доказал, что клетки способны делиться, и предложил следующее дополнение к клеточной теории.

4. Все клетки образуются из клетки.

Таким образом, *клетка* — элементарная единица живого, лежащая в основе строения, развития и размножения всех живых организмов.

КЛЕТКА. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ КЛЕТКИ: СВЕТОВАЯ МИКРОСКОПИЯ И ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ, ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ. КЛЕТОЧНАЯ ТЕОРИЯ

Вопросы

1. Какие вопросы рассматриваются на клеточном уровне?
2. Что характерно для химического состава клетки?
3. Какие методы используются при изучении клетки?
4. Кто разработал клеточную теорию?
5. Почему клетку назвали клеткой?
6. Какие свойства объединяют все клетки живых организмов?

Задания

Используя знания, полученные на уроках физики, объясните, почему электронные микроскопы дают большее увеличение, чем световые.

§ 14. Общие сведения о клетках. Клеточная мембрана

1. Чем различаются оболочки животной и растительной клеток?
2. Чем покрыта клетка гриба?

Клетки, несмотря на свои малые размеры, устроены очень сложно. Они содержат структуры для потребления питательных веществ и энергии, выделения ненужных продуктов обмена, размножения. Все эти стороны жизнедеятельности клетки должны быть тесно связаны друг с другом.

Исследования, проводившиеся в течение многих десятилетий и не прекращающиеся до сих пор, позволяют нарисовать достаточно полную картину строения клетки. Мы можем связать отдельные функции клетки с множеством различных мельчайших образований, обнаруженных в ней.

Внутреннее полужидкое содержимое клетки получило название *цитоплазмы*. В цитоплазме большинства клеток находится *ядро*, координирующее жизнедеятельность клетки, и многочисленные *органоиды*, выполняющие разнообразные функции.

Клеточная мембрана отделяет внутреннее содержание клетки от внешней среды. Она защищает цитоплазму и ядро от повреждений, обеспечивает связь клеток между собой, избирательно пропускает внутрь клетки необходимые вещества и выводит из клетки продукты обмена.

Строение мембраны у всех клеток одинаково. Её толщина составляет приблизительно 8 нм (1 нм = 10^{-9} м), и поэтому увидеть мембрану в световой микроскоп невозможно. Данные, полученные при помощи электронного микроскопа, позволили заключить, что основу мембраны составляет двойной слой молекул липидов (рис. 22), в котором расположены многочисленные молекулы белков. Некоторые белки находятся на поверхности липидного слоя, другие пронизывают оба слоя липидов насквозь. Специальные белки образуют тончайшие каналы, по которым внутрь клетки или из неё могут проходить ионы калия, натрия, кальция и некоторые другие ионы, имеющие маленький диаметр. Однако более крупные частицы через мембранные каналы пройти не могут. Молекулы пищевых веществ — белки, углеводы, липиды — попадают в клетку при помощи фагоцитоза или пиноцитоза.

В том месте, где пищевая частица прикасается к наружной мембране клетки, образуется впячивание, и час-

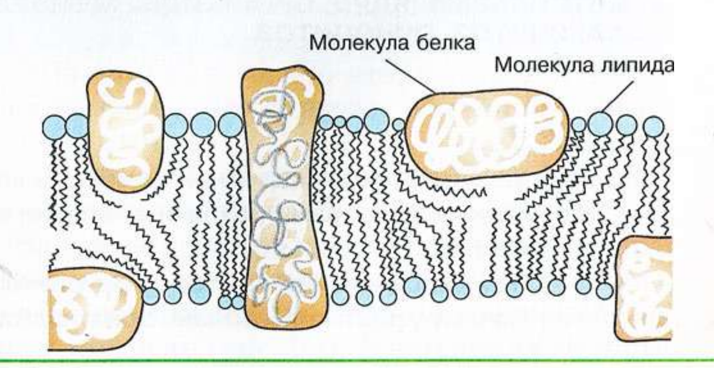


Рис. 22. Строение клеточной мембраны

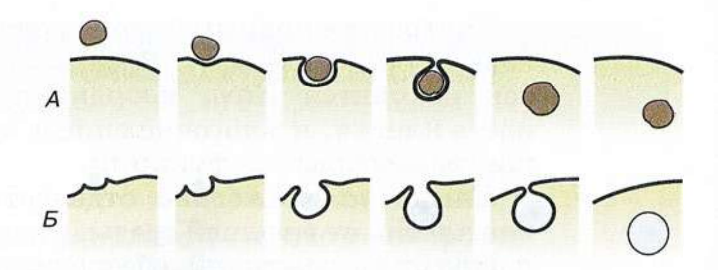


Рис. 23. Схемы фагоцитоза (*А*) и пиноцитоза (*Б*)

тица попадает внутрь клетки, окружённая мембраной. Этот процесс называется *фагоцитозом* (рис. 23, *А*). Внутрь образовавшегося пузырька проникают пищеварительные ферменты, и возникает *пищеварительная вакуоль*. Путём фагоцитоза питаются простейшие. У многоклеточных организмов некоторые лейкоциты крови — довольно крупные амёбовидные клетки, передвигаясь в крови и лимфе, также способны активно захватывать и переваривать чужеродные бактерии. Их называют *фагоцитами*.

Так как клетки растений поверх наружной клеточной мембраны покрыты плотным слоем клетчатки, они не могут захватывать вещества при помощи фагоцитоза.

Пиноцитоз отличается от фагоцитоза лишь тем, что в этом случае впячивание наружной мембраны захватывает не твёрдые частицы, а капельки жидкости с растворёнными в ней веществами (рис. 23, *Б*). Это один из основных механизмов проникновения веществ в клетку.

ЦИТОПЛАЗМА. ЯДРО. ОРГАНОИДЫ. МЕМБРАНА. ФАГОЦИТОЗ. ПИНОЦИТОЗ

Вопросы

1. Каковы функции наружной мембраны клетки?
2. Какими способами различные вещества могут проникать внутрь клетки?
3. Чем пиноцитоз отличается от фагоцитоза?
4. Почему у растительных клеток нет фагоцитоза?

Задания

1. Составьте план параграфа.
2. Проанализировав текст параграфа и рисунки 22 и 23, установите взаимосвязь между строением и функциями клеточной мембраны.

§ 15. Ядро

1. Какова роль ядра в клетке?

2. Приведите примеры безъядерных, одноядерных и многоядерных клеток.

Клеточное ядро — это важнейшая часть клетки. Оно есть почти во всех клетках многоклеточных организмов. Исключение составляют красные кровяные тельца человека — эритроциты, которые лишены ядра. Не имеют ядра и древнейшие одноклеточные существа на Земле — бактерии, поэтому их и называют *прокариотами* (от лат. *pro* — перед, раньше и греч. *karyon* — ядро). Клетки всех остальных организмов — грибов, растений, животных — содержат хорошо оформленное ядро, поэтому их называют *эукариотами* (от греч. *eu* — хорошо, полностью).

Почему же наличие ядра так важно для жизнедеятельности клетки? Клеточное ядро содержит ДНК — вещество наследственности, в котором зашифрованы все свойства клетки. Ядро осуществляет регуляцию важнейших функций клетки. Во-первых, это деление, при котором образуются новые клетки. Во-вторых, ядро регулирует все процессы белкового синтеза, обмена веществ и энергии, идущие в клетке.

Ядро чаще всего имеет шаровидную или овальную форму. Обычно в клетках находится одно ядро, хотя есть и исключения. Например, у инфузории туфельки два ядра, а в волокнах поперечно-полосатых мышц их множество.

От цитоплазмы ядро отделено *ядерной оболочкой*, состоящей из двух мембран (рис. 24). Внутренняя мембра-

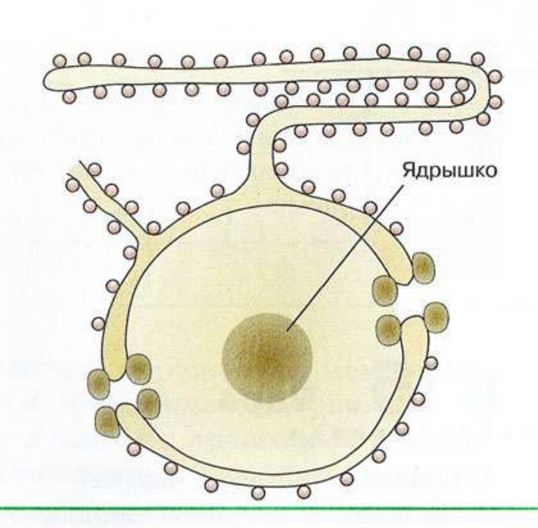


Рис. 24. Схема строения ядра и его связь с эндоплазматической сетью

на гладкая, а наружная имеет многочисленные выступы. В оболочке ядра имеются многочисленные поры для того, чтобы различные вещества могли попадать из цитоплазмы в ядро, и наоборот.

Внутреннее содержимое ядра получило название кариоплазмы или ядерного сока. В ядерном соке расположены хроматин и ядрышки.

Хроматин представляет собой нити ДНК. Если клетка начинает делиться, то нити хроматина плотно накручиваются спиралью на особые белки, как нитки на катушку. Такие плотные образования хорошо видны в микроскоп и называются хромосомами. Если же посмотреть в микроскоп на клетку между делениями, то окажется, что хромосомы раскручены до тончайших нитей ДНК. Дело в том, что гены — участки ДНК, в которых зашифрована структура какого-либо белка, — могут функционировать только в деспирализованном виде. Таким образом, в зависимости от того, в каком состоянии находится клетка, которую мы рассматриваем в микроскоп, хроматин будет иметь вид или хромосом, или тончайших деспирализованных нитей.

Хромосомный набор клетки. Набор хромосом, содержащийся в клетках того или иного вида организмов, получил название кариотипа. Перед делением клетки хромосомы спирализуются и становятся хорошо различимыми в све-

товой микроскоп. При их рассмотрении становится очевидно, что число хромосом у разных видов живых организмов различное. Если количество хромосом в клетках двух видов животных или растений одинаково, то различными будут размеры и форма (строение) хромосом, т. е. кариотип всегда неповторим.

Клетки, составляющие органы и ткани любого многоклеточного организма, получили название *соматических*. Ядра соматических клеток содержат, как правило, двойной, или *диплоидный*, *набор хромосом*, т. е. по две хромосомы каждого вида (рис. 25). Исходно половина хромосом досталась каждой клетке от материнской яйцеклетки и точно такие же хромосомы — от сперматозоида отца. Парные хромосомы (одна — от матери, другая — от отца) получили название *гомологичных хромосом*. Исключение представляют половые хромосомы: *X* — доставшаяся от матери и одна из двух — *X* или *Y* — доставшаяся от отца. Количество хромосом в ядре клеток какого-либо организма, как ни странно, не определяет уровень его сложности. Так, например, диплоидный набор в клетках аскариды — 2 хромосомы, мушки дрозофилы — 8, зелёной жабы — 26, пресноводной гидры — 32, человека — 46, домашней собаки — 78, речного рака — 118, а миноги — 174. Совершенно очевидно, что жаба устроена ничуть не проще, чем гидра, а человек — не проще, чем собака или минога.

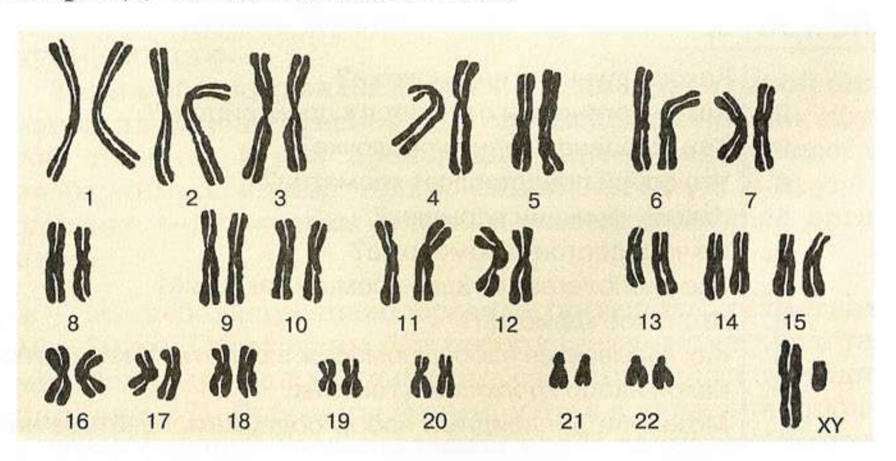


Рис. 25. Хромосомный набор мужчины

Гаплоидный набор хромосом — это набор различных по размерам и форме хромосом клеток данного вида, но каждая хромосома представлена в единственном числе, в отличие от диплоидного набора, когда каждой хромосомы — по две. Гаплоидный набор содержится в ядрах *половых клеток* (*гамет*). Если у человека диплоидный набор — 46 хромосом, то гаплоидный соответственно — 23.

В интерфазе клеточного цикла каждая хромосома удваивается и состоит из двух хроматид. При этом у человека в соматических клетках будет 92 хроматиды, попарно соединённых в 46 хромосом.

Ядрышко представляет собой плотное округлое тело, взвешенное в ядерном соке. Ядрышки связаны с определёнными участками ДНК ядра. Функция ядрышек — синтез РНК и белков, из которых формируются особые органоиды — рибосомы. Обычно в ядре клетки бывает от одного до семи ядрышек. Они хорошо видны между делениями клетки, а во время деления — разрушаются.

ПРОКАРИОТЫ. ЭУКАРИОТЫ. ХРОМАТИН. ЯДРЫШКИ. ХРОМОСОМЫ. ГЕНЫ. КАРИОТИП. СОМАТИЧЕСКИЕ КЛЕТКИ. ДИПЛОИДНЫЙ НАБОР. ГОМОЛОГИЧНЫЕ ХРОМОСОМЫ. ГАПЛОИДНЫЙ НАБОР ХРОМОСОМ. ГАМЕТЫ. ЯДРЫШКО

Вопросы

1. Каковы функции ядра клетки?
2. Какие организмы относятся к прокариотам?
3. Как устроена ядерная оболочка?
4. Что собой представляет хроматин?
5. Каковы функции ядрышек?
6. Из чего состоит хромосома?
7. Где располагаются хромосомы у бактерий?
8. Что такое кариотип?
9. Как называется набор хромосом в соматических клетках?
10. Какой набор хромосом в гаметах?
11. Может ли диплоидный набор содержать нечётное число хромосом?

Задания

Подсчитайте, каким должен быть гаплоидный набор хромосом в клетках рака, если диплоидный равен 118.

§ 16. Эндоплазматическая сеть. Рибосомы. Комплекс Гольджи. Лизосомы

1. Какие функции выполняют белки в клетке?
2. Какое строение имеют молекулы белков?

Эндоплазматическая сеть. Вся цитоплазма пронизана многочисленными каналами, стенки которых образованы мембраной, сходной с той, что составляет наружную оболочку клетки (рис. 26). Эти каналы могут ветвиться, соединяться друг с другом, и в результате возникает единая транспортная система клетки, получившая название *эндоплазматической сети* (ЭПС).

При большом увеличении под микроскопом видно, что часть мембран сети покрыта рибосомами. Эту часть ЭПС называют *шероховатой* (*гранулярной*). Основная функция шероховатой ЭПС — синтез белков в рибосомах. Другая часть ЭПС не покрыта рибосомами и получила название *гладкой*. Она выполняет в основном транспортную функцию.

Таким образом, эндоплазматическая сеть, с одной стороны, является транспортной системой клетки, а с другой стороны, в ней происходит синтез ряда веществ, необходимых иногда только самой клетке, а в других случаях — и многим клеткам многоклеточного организма.

Рибосомы — это небольшие шарообразные органоиды диаметром 10—30 нм. Образованы они рибонуклеиновыми кислотами и белками. Каждая рибосома состоит из двух субъединиц (рис. 27). Рибосомы формируются в ядрышках ядра, а затем выходят в цитоплазму, где и начинают выполнять свою функцию — синтез белков. В цитоплазме ри-



Рис. 26. Электронная микрофотография участка гранулярной эндоплазматической сети

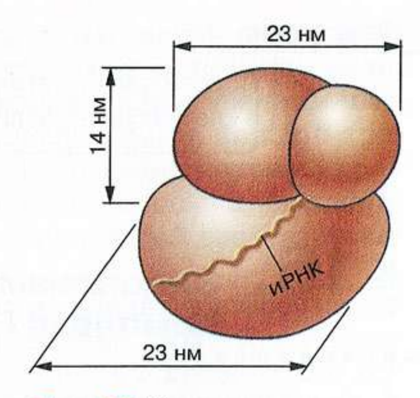
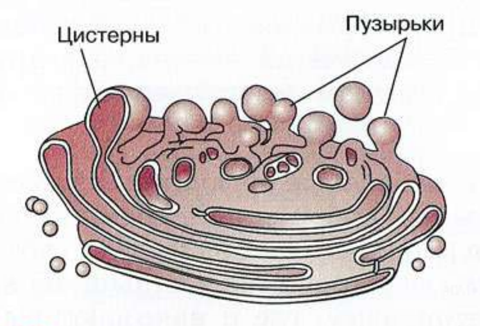


Рис. 27. Строение рибосомы

босомы чаще всего расположены на шероховатой эндоплазматической сети. Реже они свободно взвешены в цитоплазме клетки.

Комплекс Гольджи. Образующиеся в клетке белки, жиры и углеводы далеко не всегда используются сразу же, и их надо где-то хранить. Поэтому значительная часть синтезируемых клеткой веществ по каналам ЭПС поступает в особые полости, отграниченные от цитоплазмы мембраной. Эти полости, уложенные своеобразными стопками, «цистернами», получили название *комплекса* или *аппарата Гольджи* (рис. 28). Здесь вещества, необходимые самой клетке, например пищеварительные ферменты, «упаковываются» в мембранные пузырьки, отпочковываются и разносятся по цитоплазме.



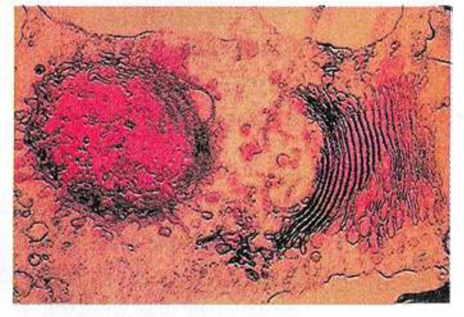


Рис. 28. Схема строения и микрофотография аппарата Гольджи

Лизосомы. Когда в клетку путём фагоцитоза или пиноцитоза попадают различные питательные вещества, их необходимо переварить. При этом белки должны разрушиться до отдельных аминокислот, полисахариды — до молекул глюкозы или фруктозы, липиды — до глицерина и жирных кислот. Чтобы внутриклеточное переваривание стало возможным, фагоцитарный или пиноцитарный пузырёк должен слиться с лизосомой (рис. 29).

Лизосома — маленький пузырёк, диаметром всего 0,5—1,0 мкм, содержащий в себе большой набор ферментов, способных разрушать пищевые вещества. В одной лизосоме может находиться 30—50 различных ферментов. Лизосомы окружены мембраной, способной выдержать воздействие этих ферментов. Формируются лизосомы в комплексе Гольджи.

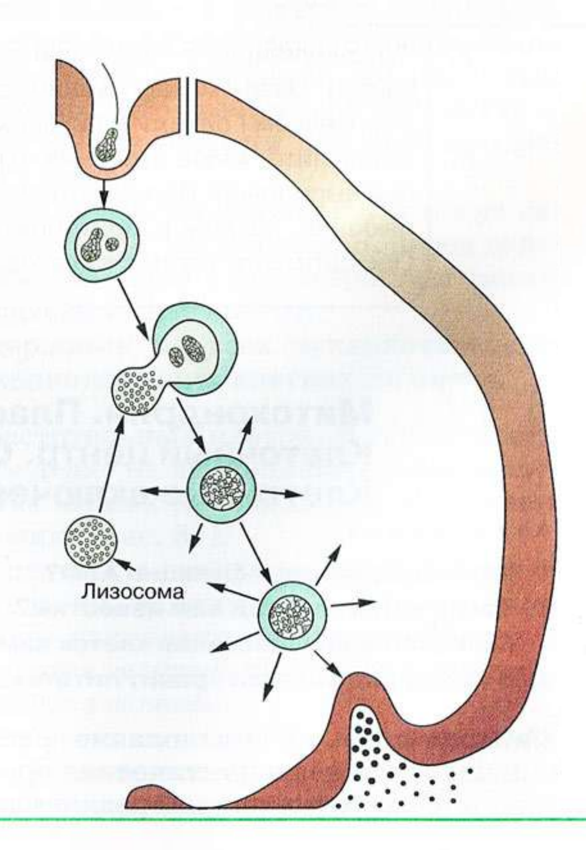


Рис. 29. Схема переваривания клеткой пищевой частицы при помощи лизосомы

ЭНДОПЛАЗМАТИЧЕСКАЯ СЕТЬ. РОБОСОМЫ. КОМПЛЕКС ГОЛЬДЖИ. ЛИЗОСОМЫ

Вопросы

1. Чем образованы стенки эндоплазматической сети и комплекса Гольджи?
2. Назовите функции эндоплазматической сети.
3. Какую функцию выполняют рибосомы?
4. Почему большинство рибосом расположены на каналах эндоплазматической сети?
5. Почему аппарат Гольджи чаще расположен вблизи от ядра клетки?
6. Где формируется лизосома?

Задания

1. Проанализируйте текст параграфа и рисунки 26—29, установите, какова связь между эндоплазматической сетью, рибосомами, комплексом Гольджи и лизосомами.
2. Вспомните, какое строение имеют эритроциты и какую функцию они выполняют. Придумайте и выдвиньте предположения, объясняющие, почему в эритроцитах аппарат Гольджи отсутствует. Обсудите этот вопрос в классе.

§ 17. Митохондрии. Пластиды. Клеточный центр. Органоиды движения. Клеточные включения

1. Каково строение и функции АТФ?
2. Какие виды пластид вам известны?
3. Какие способы движения клеток вам известны?
4. В каком виде клетка хранит питательные вещества?

Митохондрии. В цитоплазме расположены также *митохондрии* — энергетические органоиды клеток (рис. 30). Форма митохондрий различна — они могут быть овальными,

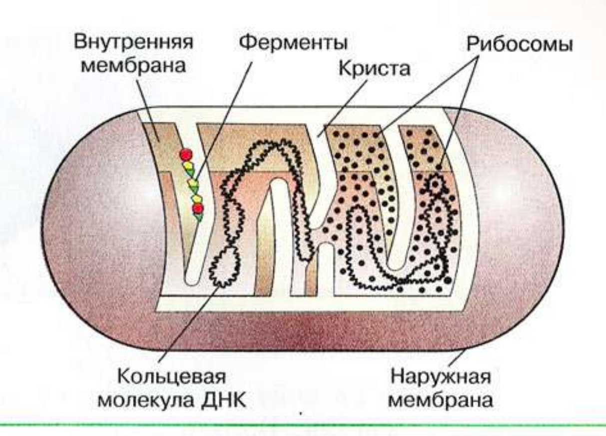


Рис. 30. Схема строения митохондрии

округлыми, палочковидными. Диаметр их около 1 мкм, а длина — до 7—10 мкм. Митохондрии покрыты двумя мембранами: наружная мембрана гладкая, а внутренняя имеет многочисленные складки и выступы — *кристы*. В мембрану крист встроены ферменты, синтезирующие за счёт энергии питательных веществ, поглощённых клеткой, молекулы аденозинтрифосфата (АТФ). АТФ — это универсальный источник энергии для всех процессов, происходящих в клетке.

Митохондрии содержат собственную ДНК и могут самостоятельно размножаться. Так, например, перед делением клетки число митохондрий в ней возрастает таким образом, чтобы их хватило на две клетки.

Митохондрии содержатся во всех эукариотических клетках, а вот в прокариотических клетках их нет.

Пластиды — это органоиды растительных клеток. В зависимости от окраски *пластиды* делят на лейкопласты, хлоропласты и хромопласты. Так же как митохондрии, они имеют двухмембранное строение (рис. 31).

Лейкопласты бесцветны и находятся обычно в неосвещаемых частях растений, например в клубнях картофеля. В них происходит накопление крахмала. На свету в лейкопластах образуется зелёный пигмент хлорофилл, поэтому клубни картофеля зеленеют.

Основная функция зелёных пластид — *хлоропластов* — фотосинтез, т. е. превращение энергии солнечного света в энергию макроэргических связей АТФ и син-

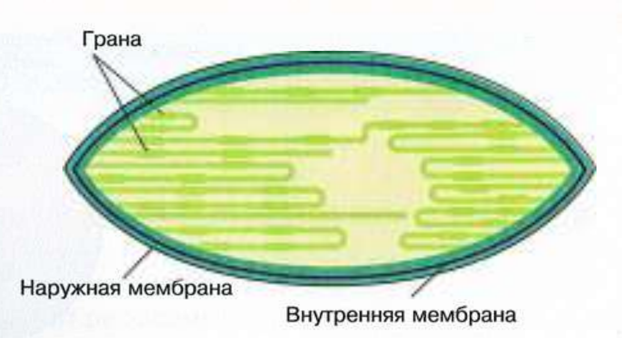


Рис. 31. Схема строения хлоропласта

тез за счёт этой энергии углеводов из углекислого газа воздуха. Больше всего хлоропластов в клетках листьев. Размер хлоропластов 5—10 мкм. По форме они могут напоминать линзу или мяч для игры в регби. Под наружной гладкой мембраной находится складчатая внутренняя мембрана. Между складками мембран располагаются стопки связанных с ней пузырьков. Каждая отдельная стопка таких пузырьков называется *граной*. В одном хлоропласте может быть до 50 гран, которые расположены в шахматном порядке, чтобы до каждой из них мог доходить свет солнца. В мембранах пузырьков, образующих граны, находится хлорофилл, необходимый для превращения энергии света в химическую энергию АТФ. Во внутреннем пространстве хлоропластов между гранами происходит синтез углеводов, на который и расходуется энергия АТФ. Обычно в одной клетке листа растения находится от 20 до 100 хлоропластов.

В *хромопластах* содержатся пигменты красного, оранжевого, фиолетового, жёлтого цветов. Этих пластид особенно много в клетках лепестков цветков и оболочек плодов.

Как и митохондрии, пластиды содержат собственные молекулы ДНК. Поэтому они также способны самостоятельно размножаться, независимо от деления клетки.

Клеточный центр. В цитоплазме всех клеток вблизи от ядра расположен *клеточный центр*. Он играет важнейшую роль в формировании внутреннего скелета клетки — *цитоскелета*. Из области клеточного центра расходятся многочисленные *микротрубочки*, поддерживающие форму клетки и играющие роль своеобразных рельсов для дви-

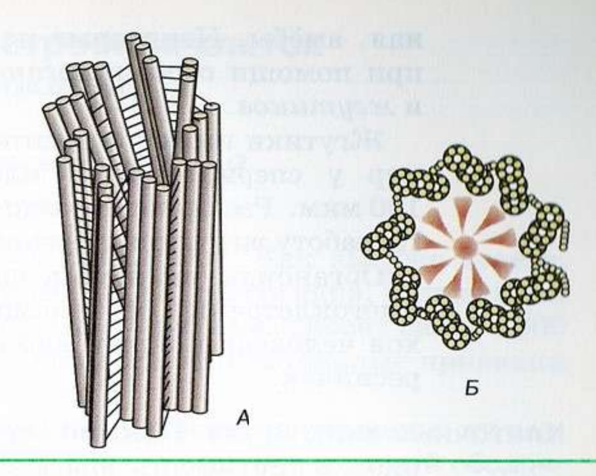


Рис. 32. Схема строения центриоли: вид сбоку (*А*), вид сверху (*Б*)

жения органоидов по цитоплазме. У животных и низших растений клеточный центр образован двумя *центриолями* (рис. 32). Велика роль клеточного центра при делении клеток, когда центриоли расходятся к полюсам делящейся клетки и образуют *веретено деления*. У высших растений клеточный центр устроен по-другому и центриолей не имеет.

Органоиды движения. Многие клетки способны к движению (рис. 33), например инфузория туфелька, эвглена зелё-

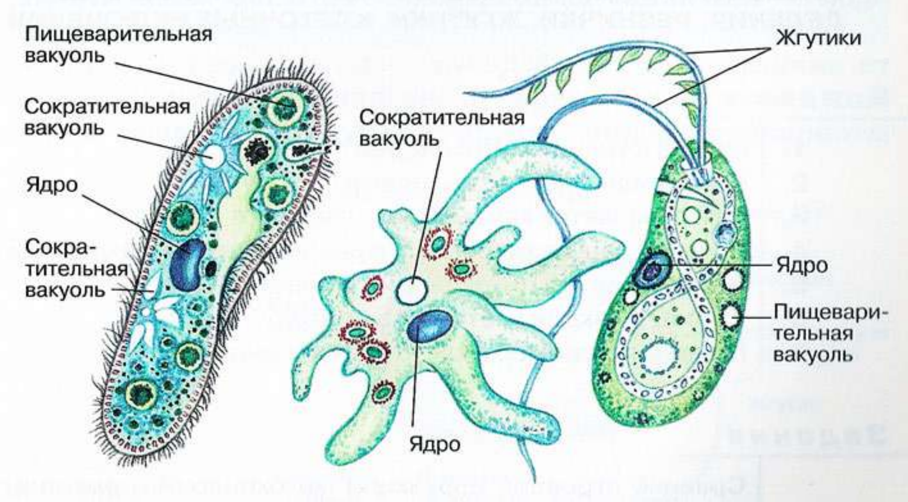


Рис. 33. Одноклеточные организмы, способные к движению

ная, амёбы. Некоторые из этих организмов двигаются при помощи особых *органоидов движения* — *ресничек* и *жгутиков*.

Жгутики имеют относительно большую длину, например у сперматозоидов млекопитающих она достигает 100 мкм. Реснички гораздо короче — около 10—15 мкм. На работу жгутиков и ресничек расходуется энергия АТФ.

Органоиды движения часто встречаются и у клеток многоклеточных организмов. Например, эпителий бронхов человека покрыт множеством (около 109 на 1 см^2) ресничек.

Клеточные включения. Помимо обязательно имеющихся органоидов, в клетке есть образования то появляющиеся, то исчезающие в зависимости от её состояния. Эти образования получили название *клеточных включений*. Чаще всего клеточные включения находятся в цитоплазме и представляют собой питательные вещества или гранулы веществ, синтезируемых этой клеткой. Это могут быть мелкие капли жира, гранулы крахмала или гликогена, реже — гранулы белка, кристаллы солей.

МИТОХОНДРИИ. КРИСТЫ. ПЛАСТИДЫ: ЛЕЙКОПЛАСТЫ, ХЛОРОПЛАСТЫ, ХРОМОПЛАСТЫ. ГРАНЫ. КЛЕТОЧНЫЙ ЦЕНТР. ЦИТОСКЕЛЕТ. МИКРОТРУБОЧКИ. ЦЕНТРИОЛИ. ВЕРЕТЕНО ДЕЛЕНИЯ. РЕСНИЧКИ. ЖГУТИКИ. КЛЕТОЧНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ

Вопросы

1. Какова функция митохондрий?
2. Какие виды пластид вы знаете?
3. Чем отличается каждый вид пластид от другого?
4. Почему граны в хлоропласте расположены в шахматном порядке?
5. В чём сходство митохондрий и пластид?
6. Каковы функции клеточного центра?
7. Приведите примеры клеточных включений.

Задания

Сравние строение и функции митохондрий и пластид. В чём их сходство и различия?

§ 18. Особенности строения клеток эукариот и прокариот

1. **Какие безъядерные организмы вам известны?**
2. **Что такое споры? Какова их роль?**

Особенности строения клеток прокариот. Как вы уже знаете, организмы, клетки которых не имеют ядра, называются *прокариотами*. Всего к прокариотам относят около 3000 видов организмов. Каковы же отличительные признаки прокариотической клетки?

Прокариотические клетки обычно очень малы: их размеры не превышают 10 мкм. У них нет ядерной оболочки, единственная хромосома часто имеет кольцевидную форму и находится непосредственно в цитоплазме клетки (рис. 34). Клетка окружена мембраной, поверх которой у большинства прокариот выделяется защитная клеточная стенка, фиксирующая форму клетки и придающая ей прочность. Внутри прокариотической клетки отсутствуют органоиды, окружённые мембранами, т. е. в ней нет эндоплазматической сети (её роль выполняют многочисленные выступы клеточной мембраны), нет митохондрий, нет пластид. Рибосомы у прокариот мелкие. Прокариоты часто имеют органоиды движения — жгутики и реснички.

Многие прокариоты — *анаэробы*, т. е., в отличие от подавляющего большинства эукариот, им не нужен кислород воздуха. С другой стороны, многие прокариоты

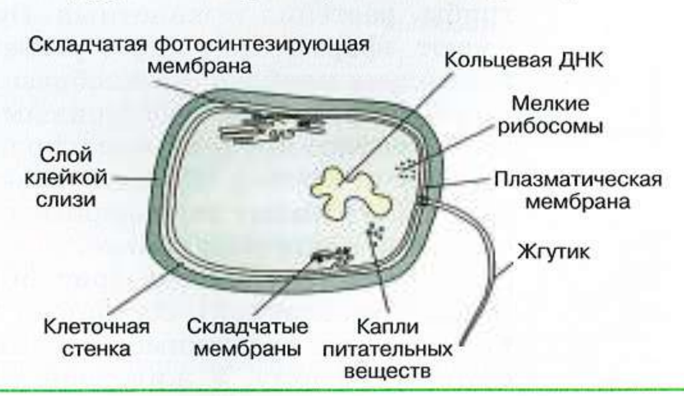


Рис. 34. Схема строения прокариотической клетки

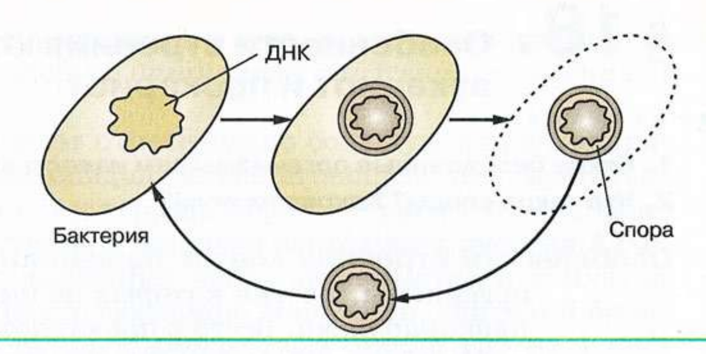


Рис. 35. Спорообразование у бактерий

способны захватывать и использовать для своих нужд азот воздуха, чего не могут эукариотические организмы.

Прокариоты чаще размножаются бесполым путём, а именно делением клетки надвое. Половой процесс, т. е. процесс обмена генетическим материалом, у них встречается значительно реже. Многие прокариоты, например бактерии, в неблагоприятных условиях способны образовывать *споры*. При этом содержимое бактериальной клетки сжимается, и вокруг него выделяется плотная оболочка. После этого прежняя бактериальная клетка разрушается, и спора выходит наружу (рис. 35). Спора может десятилетиями быть в неактивном состоянии, переноситься водой и ветром. Она не боится высыхания, холода, жары. Убийственным фактором для спор являются прямые солнечные лучи или искусственное облучение ультрафиолетовыми лучами. При попадании в благоприятную среду из споры быстро образуется бактерия.

Особенности строения клеток эукариот. К *эукариотам* относят грибы, растения и животных. Эукариотические клетки имеют оформленное ядро, разветвлённую сеть внутриклеточных мембран, разнообразные органоиды, отделённые от цитоплазмы собственными мембранами. Рибосома у эукариот крупнее, чем у прокариот.

Одновременно с общими признаками эукариоты разных царств имеют характерные отличия, проявляющиеся уже на клеточном уровне.

Растительная клетка (рис. 36) окружена клеточной стенкой (оболочкой), состоящей из целлюлозы. Оболочка защищает содержимое клетки и обеспечивает ей постоянную форму. У животной клетки (см. рис. 36) обо-

лочка отсутствует. Растительные клетки, как правило, имеют большие вакуоли — полости в цитоплазме, заполненные клеточным соком и ограниченные мембраной.

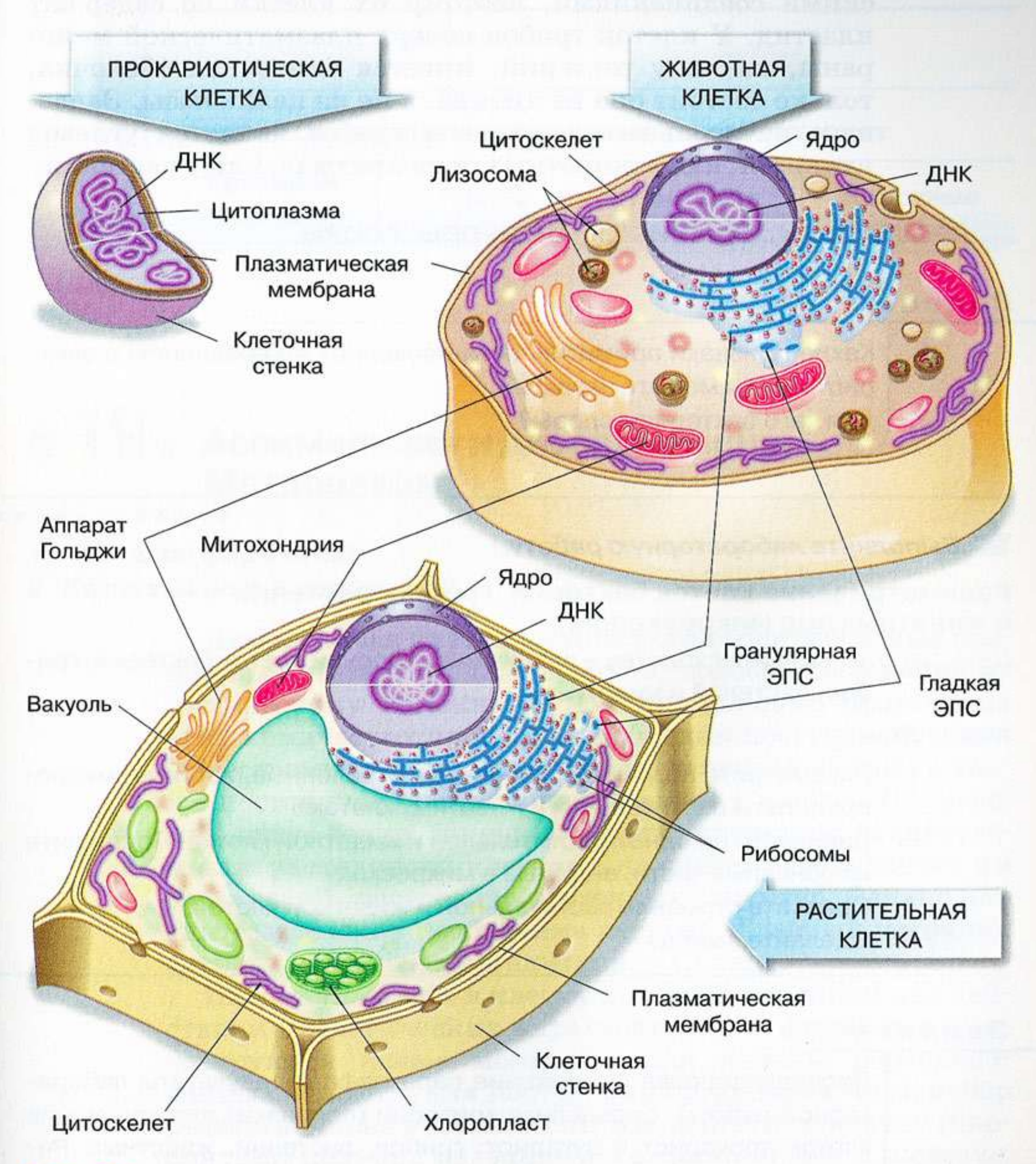


Рис. 36. Строение прокариотической, растительной и животной клеток

В клетках растений содержатся пластиды, несущие хлорофилл и другие пигменты.

Грибы, как и животные, питаются готовыми органическими соединениями, поэтому их клетки не содержат пластид. У клеток грибов поверх плазматической мембраны, как и у растений, имеется клеточная оболочка, только состоит она из хитина, а не из целлюлозы. Запасным питательным веществом грибов является углевод гликоген, как у животных, а не крахмал, как у растений.

ПРОКАРИОТЫ. ЭУКАРИОТЫ. АНАЭРОБЫ. СПОРЫ

Вопросы

1. Какие признаки примитивности прокариот по сравнению с эукариотами вы можете назвать?
2. Для чего бактериям споры?

 ***Выполните лабораторную работу.***

Рассматривание клеток бактерий, грибов, растений и животных под микроскопом

Цель работы: выявить сходства и различия в строении клеток бактерий, грибов, растений и животных.

Ход работы

1. Рассмотрите под микроскопом приготовленные (готовые) микропрепараты растительных и животных клеток.
2. Зарисуйте по одной растительной и животной клетке. Подпишите их основные части, видимые в микроскоп.
3. Сравните строение растительной и животной клеток.
4. Сделайте вывод.

Задания

Проанализировав содержание параграфа и результаты лабораторной работы, определите критерии (признаки) для сравнения клеток прокариот и эукариот; грибов, растений, животных. Результаты сравнения занесите в соответствующие таблицы.

Сравнение клеток прокариот и эукариот

Критерии сравнения	Прокариоты	Эукариоты

Сравнение клеток разных царств эукариот

Критерии сравнения	Грибы	Растения	Животные

§ 19. Ассимиляция и диссимиляция. Метаболизм

1. Что такое ферменты?
2. Какова их роль в организме?

Любая живая клетка, осуществляя многообразные процессы синтеза и распада веществ, подобна сложнейшему химическому комбинату. Для нормального протекания этих химических процессов необходим постоянный обмен веществами между клеткой и окружающей средой, а также постоянное превращение энергии в клетке. Получаемые извне белки, жиры, углеводы, витамины, микроэлементы расходуются клетками на синтез необходимых им соединений, построение клеточных структур. Однако для синтеза веществ необходима энергия. Главный источник энергии для живых организмов — Солнце.

Из поступающих в клетку компонентов пищи под действием биологических катализаторов — ферментов синтезируются новые молекулы для замены израсходованных веществ, для построения органоидов. Весь набор реакций биологического синтеза веществ в клетке (биосинтеза) получил название *ассимиляции* или *пластического обмена*.

Очевидно, что синтез каких-либо веществ невозможен без затрат энергии. Особенно интенсивно реакции ассимиляции происходят в растущей, развивающейся клетке. Важнейшими из таких реакций являются синтез белка и фотосинтез. Как же клетка получает энергию для реакций биосинтеза? Наряду с процессами синтеза новых веществ в клетках происходит постоянный распад запасённых при ассимиляции сложных органических веществ. При участии ферментов эти молекулы распадаются до более простых соединений; при этом высвобождается энергия. Чаще всего эта энергия запасается в виде аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Далее энергия АТФ используется для различных нужд клетки, в том числе и для реакций биосинтеза. Совокупность реакций распада веществ клетки, сопровождающихся выделением энергии, получила название *диссимиляции* или *энергетического обмена*.

Ассимиляция и диссимиляция — противоположные процессы: в первом случае вещества образуются, во втором — разрушаются. Но они тесно взаимосвязаны и друг без друга невозможны. Ведь если в клетке не будут синтезироваться и запасаться сложные вещества, то нечему будет распадаться, когда потребуется энергия. А если вещества не будут распадаться, то где взять энергию для синтеза необходимых веществ?

Таким образом, ассимиляция и диссимиляция — это две стороны единого процесса обмена веществ и энергии, получившего название *метаболизма* (от греч. *metabole* — превращение).

АССИМИЛЯЦИЯ. ДИССИМИЛЯЦИЯ. МЕТАБОЛИЗМ. СИНТЕЗ БЕЛКА. ФОТОСИНТЕЗ

Вопросы

1. Почему считается, что Солнце — главнейший источник энергии на Земле?
2. Какой процесс в клетке получил название ассимиляции или пластического обмена?
3. Какой процесс в клетке получил название диссимиляции или энергетического обмена?
4. Почему ассимиляция невозможна без диссимиляции и наоборот?

Задания

Обобщив имеющиеся у вас знания, обсудите в классе вопрос: могли бы какие-либо живые организмы выжить на Земле, если бы Солнце погасло?

§ 20. Энергетический обмен в клетке

1. Какое строение имеет АТФ?

2. Что такое макроэргическая связь?

АТФ обеспечивает энергией все функции клетки: механическую работу, биосинтез веществ, деление и т. д. В среднем содержание АТФ в клетке составляет около 0,05% её массы, но в тех клетках, где затраты АТФ велики (например, в клетках печени, поперечно-полосатых мышц), её содержание может доходить до 0,5%. Синтез АТФ в клетках происходит главным образом в митохондриях. На синтез 1 моля АТФ из АДФ необходимо затратить 40 кДж.

Энергетический обмен в клетке подразделяют на три этапа. Первый этап — *подготовительный*. Во время него крупные пищевые полимерные молекулы распадаются на более мелкие фрагменты. Полисахариды распадаются на ди- и моносахариды, белки — до аминокислот, жиры — до глицерина и жирных кислот. В ходе этих превращений энергии выделяется мало, она рассеивается в виде тепла, и АТФ не образуется.

Второй этап — *неполное бескислородное расщепление* веществ. На этом этапе вещества, образовавшиеся во время подготовительного этапа, разлагаются при помощи ферментов в отсутствие кислорода. Разберём этот этап на примере *гликолиза* — ферментативного расщепления глюкозы. Гликолиз происходит в животных клетках и у некоторых микроорганизмов. Суммарно этот процесс можно представить в виде следующего уравнения:

$$C_6H_{12}O_6 + 2H_3PO_4 + 2\text{АДФ} \longrightarrow$$
$$\longrightarrow 2C_3H_6O_3 + 2\text{АТФ} + 2H_2O.$$

Таким образом, при гликолизе из одной молекулы глюкозы образуются две молекулы трёхуглеродной пировиноградной кислоты ($C_3H_4O_3$), которая во многих клетках, например в мышечных, превращается в молочную кислоту ($C_3H_6O_3$), причём высвободившейся при этом энергии достаточно для превращения двух молекул АДФ в две молекулы АТФ. Несмотря на кажущуюся простоту, гликолиз — процесс многоступенчатый, насчитывающий более десяти стадий, катализируемых разными ферментами. Только 40% выделившейся энергии запасается клеткой в виде АТФ, а остальные 60% рассеиваются в виде тепла. Благодаря многостадийности гликолиза выделяющиеся небольшие порции тепла не успевают нагреть клетку до опасного уровня. Гликолиз происходит в цитоплазме клеток.

У большинства растительных клеток и некоторых грибов второй этап энергетического обмена представлен *спиртовым брожением*:

$$C_6H_{12}O_6 + 2H_3PO_4 + 2АДФ \longrightarrow$$
$$\longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 2АТФ + 2H_2O.$$

Исходные продукты спиртового брожения те же, что и у гликолиза, но в результате образуется этиловый спирт, углекислый газ, вода и две молекулы АТФ. Есть такие микроорганизмы, которые разлагают глюкозу до ацетона, уксусной кислоты и других веществ, но в любом случае «энергетическая прибыль» клетки составляет две молекулы АТФ.

Третий этап энергетического обмена — *полное кислородное расщепление*, или *клеточное дыхание*. При этом вещества, образовавшиеся на втором этапе, разрушаются до конечных продуктов — CO_2 и H_2O. Этот этап можно представить себе в следующем виде:

$$2C_3H_6O_3 + 6O_2 + 36H_3PO_4 + 36АДФ \longrightarrow$$
$$\longrightarrow 6CO_2 + 42H_2O + 36АТФ.$$

Таким образом, окисление двух молекул трёхуглеродной кислоты, образовавшихся при ферментативном расщеплении глюкозы, до CO_2 и H_2O приводит к выделению большого количества энергии, достаточного для образования 36 молекул АТФ. Клеточное дыхание происходит

на кристах митохондрий. Коэффициент полезного действия этого процесса выше, чем у гликолиза, и составляет приблизительно 55%. В результате полного расщепления одной молекулы глюкозы образуется 38 молекул АТФ.

Для получения энергии в клетках, кроме глюкозы, могут быть использованы и другие вещества: липиды, белки. Однако ведущая роль в энергетическом обмене у большинства организмов принадлежит сахарам.

АТФ. НЕПОЛНОЕ КИСЛОРОДНОЕ ФЕРМЕНТАТИВНОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ. ГЛИКОЛИЗ. ПОЛНОЕ КИСЛОРОДНОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ, ИЛИ КЛЕТОЧНОЕ ДЫХАНИЕ

Вопросы

1. В каких клетках АТФ больше всего?
2. Во сколько раз клеточное дыхание эффективнее гликолиза в энергетическом плане?
3. Каков КПД гликолиза; клеточного дыхания?

§ 21. Фотосинтез и хемосинтез

1. В каких частях растений обычно происходит процесс фотосинтеза?
2. Какие организмы относятся к хемосинтетикам?

Значение фотосинтеза. Как вам уже известно, *фотосинтез* — один из важнейших процессов, происходящих в растительной клетке, — лежит в основе всей жизни на Земле.

Любая клетка использует универсальный источник энергии — АТФ. АТФ в растительных клетках образуется непосредственно в процессе фотосинтеза, а другие клетки накапливают АТФ, расщепляя продукт того же фотосинтеза — сахариды. С точки зрения продуктивности нет ничего, что бы могло сравниться с фотосинтезом. Если все сталелитейные заводы мира выпускают в год около 350 млн т стали, а все цементные заводы — 300 млн т цемента, то растения Земли все вместе ежегодно произ-

водят 130 000 млн т сахаров! Фотосинтезу мы обязаны и всеми энергетическими ресурсами, которые имеются в распоряжении человечества. Ведь и уголь, и нефть, и торф — всё это прямо или косвенно возникло за счёт фотосинтеза.

Фотосинтез происходит в клетках зелёных растений, в их хлоропластах. Процесс фотосинтеза включает в себя две последовательные *фазы* — *световую* и *темновую* (рис. 37).

Световая фаза фотосинтеза. Квант света, падающий на лист, поглощается молекулой хлорофилла. В результате этого молекула на очень короткое время переходит в возбуждённое состояние: один из электронов молекулы хлоро-

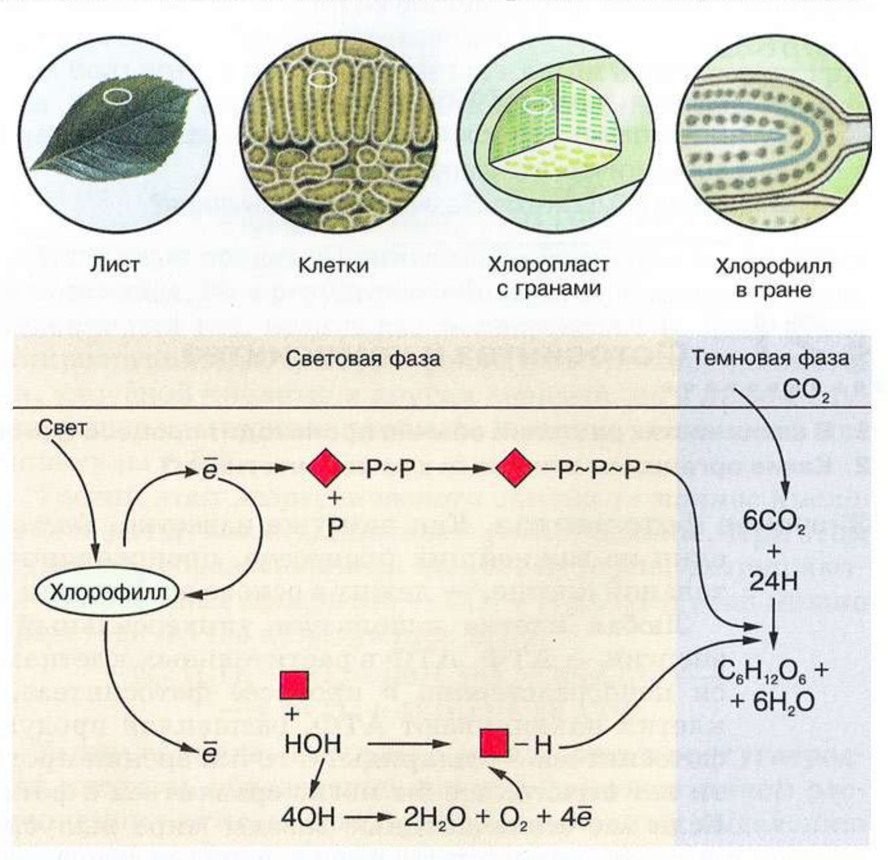


Рис. 37. Схема строения листа и фотосинтеза

филла ($\bar{e}$) получает избыток энергии. Возбуждённый электрон перемещается по цепи сложных органических соединений, теряя энергию, которая расходуется на синтез АТФ из АДФ и фосфата. Этот процесс очень эффективен, и в хлоропласте образуется АТФ приблизительно в 30 раз больше, чем в митохондриях тех же растений. Потеряв избыток энергии, электрон возвращается к молекуле хлорофилла, которая теперь способна захватить новый квант света.

Так как описываемые реакции происходят в водных растворах, то значительная часть возбуждённых электронов захватывается продуктами диссоциации H_2O — ионами H^+. Ион водорода получает избыток энергии и связывается со специальными молекулами-переносчиками. Освободившиеся ионы гидроксила OH^- взаимодействуют друг с другом, в результате чего образуются вода и молекулярный кислород:

$$4OH^- \longrightarrow 2H_2O + O_2.$$

В этом случае к молекуле хлорофилла возвращается электрон гидроксила.

Процесс разложения воды под действием энергии солнечного света получил название фотолиза. Таким образом, кислород, который выделяется в процессе фотосинтеза в атмосферу, образуется в результате фотолиза.

На этом световая фаза заканчивается, и дальнейшие процессы фотосинтеза могут идти и без солнечного освещения.

Во время световой фазы образуются богатые энергией молекулы и ионы водорода, необходимые для темновой фазы фотосинтеза.

Темновая фаза также протекает в пластидах. В процессе реакций этой фазы происходит захват специальным веществом молекул углекислого газа (CO_2) из внешней среды. Путём целого ряда последовательных биохимических превращений из углекислого газа и водорода образуется шестиуглеродный сахар — глюкоза и воспроизводится вещество, способное снова захватывать CO_2.

В процессе темновой фазы поглощается углекислый газ и синтезируется глюкоза. Реакции темновой фазы

обеспечиваются энергией, запасённой во время световой фазы.

Суммарное уравнение фотосинтеза:

$$6CO_2 + 6H_2O = \underset{\text{Глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + 6O_2.$$

Фотосинтез очень продуктивен, но хлоропласты листа захватывают для участия в этом процессе всего 1 квант света из 10 000. Тем не менее этого достаточно для того, чтобы зелёное растение могло синтезировать 1 г глюкозы в час с поверхности листьев площадью 1 $м^2$.

Хемосинтез. Многие виды бактерий, способные синтезировать необходимые им органические соединения из неорганических за счёт энергии химических реакций окисления, происходящих в клетке, относятся к *хемотрофам*. Захватываемые бактерией вещества окисляются, а образующаяся энергия используется на синтез сложных органических молекул из CO_2 и H_2O. Этот процесс носит название *хемосинтеза*.

Важнейшую группу хемосинтезирующих организмов представляют собой *нитрифицирующие бактерии*. Исследуя их, С. Н. Виноградский в 1887 г. открыл процесс хемосинтеза.

Эти бактерии, обитая в почве, окисляют аммиак, образующийся при гниении органических остатков, до азотистой кислоты:

$$2NH_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + 2H_2O + 653{,}5 \text{ кДж}.$$

Затем бактерии других видов этой группы окисляют азотистую кислоту до азотной:

$$2HNO_2 + O_2 = 2HNO_3 + 151{,}1 \text{ кДж}.$$

Энергия используется далее бактериями на синтез органических веществ.

Взаимодействуя с минеральными веществами почвы, азотистая и азотная кислоты образуют соли, которые являются важнейшими компонентами минерального питания высших растений.

Под действием других видов бактерий в почве происходит образование фосфатов, также используемых высшими растениями.

Итак, хемотрофы, как и все автотрофные организмы, самостоятельно синтезируют необходимые органические вещества. От фототрофных зелёных растений их отличает полная независимость от солнечного света как источника энергии.

СВЕТОВАЯ ФАЗА ФОТОСИНТЕЗА. ТЕМНОВАЯ ФАЗА ФОТОСИНТЕЗА. ФОТОЛИЗ ВОДЫ. ХЕМОСИНТЕЗ. ХЕМОТРОФЫ. НИТРИФИЦИРУЮЩИЕ БАКТЕРИИ

Вопросы

1. Откуда берётся кислород, выделяемый в процессе фотосинтеза?
2. В чём смысл световой фазы фотосинтеза; темновой фазы?
3. Почему для высших растений необходимо присутствие в почве хемосинтезирующих бактерий?

Задания

1. Вычислите, сколько глюкозы, синтезируемой в процессе фотосинтеза, приходится на каждого из 6 млрд жителей Земли в год.
2. Сравните процессы фотосинтеза и хемосинтеза. Выявите сходство и различия этих процессов.

§ 22. Автотрофы и гетеротрофы

1. Для чего клетка может использовать поглощаемые ею вещества?
2. Какие организмы питаются гетеротрофно?

Все живые организмы, обитающие на Земле, можно подразделить на две группы в зависимости от того, каким образом они получают необходимые им органические вещества.

Первая группа — *автотрофы*, что в переводе с греческого языка означает «самопитающиеся». Они способны

самостоятельно создавать все необходимые им для построения клеток и процессов жизнедеятельности органические вещества из неорганических — воды, углекислого газа и других. Энергию для таких сложных превращений они получают либо за счёт солнечного света и называются *фототрофами*, либо за счёт энергии химических превращений минеральных соединений и в этом случае называются *хемотрофами*. Но и фототрофные, и хемотрофные организмы не нуждаются в поступлении извне органических веществ. К автотрофам относятся все зелёные растения и многие бактерии.

Принципиально иной способ получения необходимых органических соединений у *гетеротрофов*. Гетеротрофы не могут самостоятельно синтезировать такие вещества из неорганических соединений и нуждаются в постоянном поглощении готовых органических веществ извне. Затем они «перестраивают» полученные извне молекулы для своих нужд. Гетеротрофные организмы находятся в прямой зависимости от продуктов фотосинтеза, производимых зелёными растениями. Например, питаясь капустой или картофелем, мы получаем вещества, синтезированные в клетках растения за счёт энергии солнечного света. Если же мы питаемся мясом домашних животных, то надо помнить, что эти животные питаются растительными кормами: травой, зерном и т. п. Таким образом, их мясо построено из молекул, полученных с растительной пищей.

К гетеротрофам относятся грибы, животные и многие бактерии. Некоторые клетки зелёного растения также гетеротрофны: клетки камбия, корня. Дело в том, что клетки этих частей растения не способны к фотосинтезу и питаются за счёт органических веществ, синтезированных зелёными частями растения.

В зависимости от того, откуда гетеротрофные организмы получают питательные вещества, их делят на группы. *Сапротрофы* питаются мёртвыми органическими остатками. Таков тип питания у бактерий гниения, многих грибов. *Паразиты* существуют только на живых организмах, нанося им вред. Примерами являются болезнетворные бактерии, грибы — паразиты растений, живот-

ных и человека. Третья группа гетеротрофов — *голозои*. Голозойное питание включает три этапа: поедание, переваривание и всасывание переваренных веществ. Очевидно, что голозойное питание чаще наблюдается у многоклеточных животных, имеющих пищеварительную систему. Голозойно питающихся животных можно подразделить на плотоядных, растительноядных и всеядных.

АВТОТРОФЫ. ГЕТЕРОТРОФЫ. ФОТОТРОФЫ. ХЕМОТРОФЫ. САПРОТРОФЫ. ПАРАЗИТЫ. ГОЛОЗОЙНОЕ ПИТАНИЕ

Вопросы

1. За счёт чего получают энергию автотрофы?
2. За счёт чего получают энергию гетеротрофы?
3. В чём различие между сапрофитами и паразитами?
4. Может ли бактерия питаться голозойным путём?

Задания

1. Изучив материал параграфа, предложите схему «Классификация организмов по типу питания».
2. Вспомните особенности строения и жизнедеятельности эвглены зелёной. Почему эвглену зелёную относят и к царству растений, и к царству животных?

§ 23. Синтез белков в клетке

1. Из чего состоят белки?
2. Что такое аминокислота?

Важнейшим процессом ассимиляции в клетке является синтез необходимых ей белков. Каждая клетка содержит тысячи белков, в том числе и присущих только дан-

ному виду клеток. Так как в процессе жизнедеятельности все белки рано или поздно разрушаются, клетка должна непрерывно синтезировать белки для восстановления своих мембран, органоидов и т. п. Кроме того, многие клетки «изготовляют» белки для нужд всего организма, например клетки желёз внутренней секреции, выделяющие в кровь белковые гормоны. В таких клетках синтез белка идёт особенно интенсивно.

Синтез белка требует больших затрат энергии. Источником этой энергии, как и для всех клеточных процессов, является АТФ.

Многообразие функций белков определяется их первичной структурой, т. е. последовательностью аминокислот в их молекуле. В свою очередь, наследственная информация о первичной структуре белка заключена в последовательности нуклеотидов в молекуле ДНК. Участок ДНК, в котором содержится информация о первичной структуре одного белка, называется геном. В одной хромосоме находится информация о структуре многих сотен белков.

Генетический код. Каждой аминокислоте белка в ДНК соответствует последовательность из трёх расположенных друг за другом нуклеотидов — *триплет*. К настоящему времени составлена карта *генетического кода*, т. е. известно, какие триплетные сочетания нуклеотидов ДНК соответствуют той или иной из 20 аминокислот, входящих в состав белков (рис. 38). Как известно, в состав ДНК могут входить четыре азотистых основания: аденин (А), гуанин (Г), тимин (Т) и цитозин (Ц). Число сочетаний из 4 по 3 составляет: $4^3 = 64$, т. е. можно закодировать 64 различные аминокислоты, тогда как кодируется только 20 аминокислот. Оказалось, что многим аминокислотам соответствует не один, а несколько различных триплетов — *кодонов*. Предполагается, что такое свойство генетического кода повышает надёжность хранения и передачи генетической информации при делении клеток. Например, аминокислоте аланину соответствуют в иРНК 4 кодона: ГЦУ, ГЦЦ, ГЦА, ГЦГ, и получается, что случайная ошибка в третьем нуклеотиде не может отразить-

Аминокислота	Кодирующие триплеты (кодоны)
Аланин	ГЦУ ГЦЦ ГЦА ГЦГ
Аргинин	ЦГУ ЦГЦ ЦГА ЦГГ АГА АГГ
Аспарагин	ААУ ААЦ
Аспарагиновая кислота	ГАУ ГАЦ
Валин	ГУУ ГУЦ ГУА ГУГ
Гистидин	ЦАУ ЦАЦ
Глицин	ГГУ ГГЦ ГГА ГГГ
Глутамин	ЦАА ЦАГ
Глутаминовая кислота	ГАА ГАГ
Изолейцин	АУУ АУЦ АУА
Лейцин	ЦУУ ЦУЦ ЦУА ЦУГ УУА УУГ
Лизин	ААА ААГ
Метионин	АУГ
Пролин	ЦЦУ ЦЦЦ ЦЦА ЦЦГ
Серин	УЦУ УЦЦ УЦА УЦГ АГУ АГЦ
Тирозин	УАУ УАЦ
Треонин	АЦУ АЦЦ АЦА АЦГ
Триптофан	УГГ
Фенилаланин	УУУ УУЦ
Цистеин	УГУ УГЦ
«Знаки препинания»	УАА УАГ УГА

Рис. 38. Таблица генетического кода

ся на структуре белка — всё равно это будет кодон аланина.

Так как в молекуле ДНК содержатся сотни генов, то в её состав обязательно входят триплеты, являющиеся «знаками препинания», не кодирующие аминокислоты и обозначающие начало и конец того или иного гена (см. рис. 38).

Очень важное свойство генетического кода — *специфичность*, т. е. один триплет всегда обозначает только одну-единственную аминокислоту. Генетический код универсален для всех живых организмов от бактерий до человека.

Транскрипция. Носителем всей генетической информации является ДНК, расположенная в ядре клетки. Сам же синтез

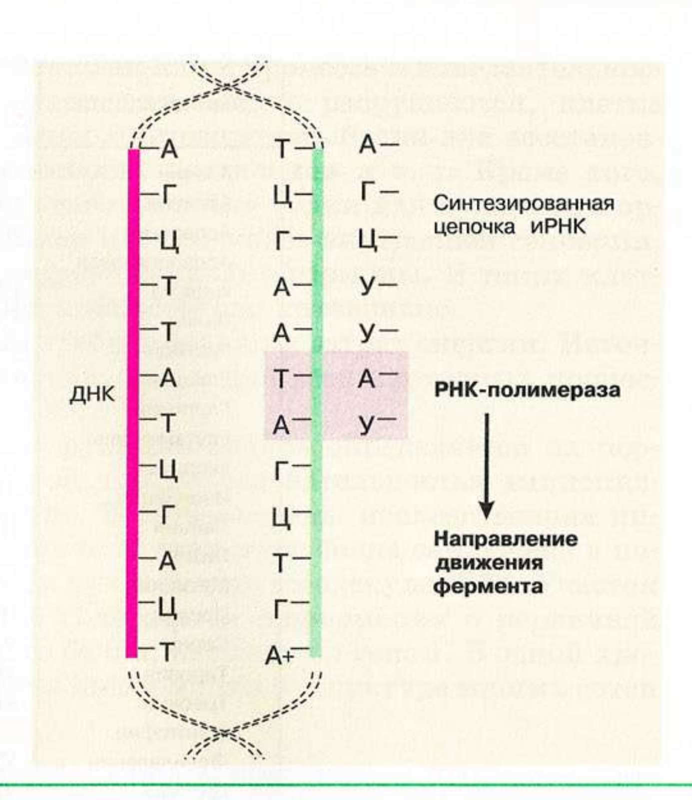


Рис. 39. Схема образования информационной РНК по матрице ДНК (транскрипция)

белка происходит в цитоплазме клетки, на рибосомах. Из ядра в цитоплазму информация о структуре белка поступает в виде информационной РНК (иРНК). Для того чтобы синтезировать иРНК, участок ДНК «разматывается», деспирализуется, а затем по принципу комплементарности на одной из цепочек ДНК с помощью ферментов синтезируются молекулы РНК (рис. 39). Это происходит следующим образом: против, например, гуанина молекулы ДНК становится цитозин молекулы РНК, против аденина молекулы ДНК — урацил РНК (вспомните, что в РНК в нуклеотиды вместо тимина включён урацил), напротив тимина ДНК — аденин РНК и напротив цитозина ДНК — гуанин РНК.

Таким образом, формируется цепочка иРНК, представляющая собой точную копию второй цепи ДНК (только тимин заменён на урацил). Таким образом, информация о последовательности нуклеотидов какого-

либо гена ДНК «переписывается» в последовательность нуклеотидов иРНК. Этот процесс получил название *транскрипции*. У прокариот синтезированные молекулы иРНК сразу же могут взаимодействовать с рибосомами, и начинается синтез белка. У эукариот иРНК взаимодействует в ядре со специальными белками и переносится через ядерную оболочку в цитоплазму.

В цитоплазме обязательно должен быть набор аминокислот, необходимых для синтеза белка. Эти аминокислоты образуются в результате расщепления пищевых белков. Кроме того, та или иная аминокислота может попасть к месту непосредственного синтеза белка, т. е. в рибосому, только прикрепившись к специальной транспортной РНК (тРНК).

Транспортные РНК. Для переноса каждого вида аминокислот в рибосомы нужен отдельный вид тРНК. Так как в состав белков входят около 20 аминокислот, существует столько же видов тРНК. Строение всех тРНК сходно (рис. 40). Их молекулы образуют своеобразные структуры, напоминающие по форме лист клевера. Виды тРНК обязательно различаются по триплету нуклеотидов, расположенному «на верхушке». Этот триплет, получивший название *антикодон*, по генетическому коду соответствует той аминокислоте, которую предстоит переносить этой тРНК. К «черешку листа» специальный

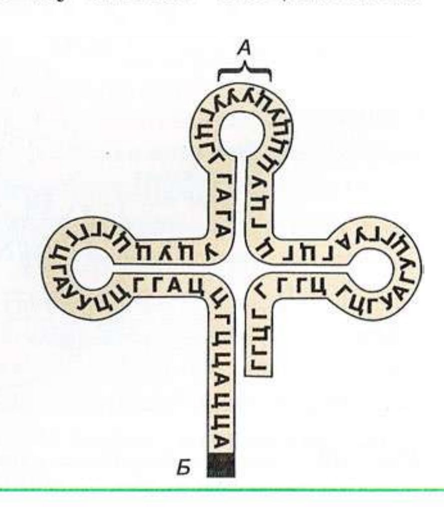


Рис. 40. Схема строения молекулы транспортной РНК: *А* — антикодон; *Б* — участок соединения с аминокислотой

фермент прикрепляет обязательно ту аминокислоту, которая кодируется триплетом, комплементарным антикодону.

Трансляция. В цитоплазме происходит последний этап синтеза белка — *трансляция*. На тот конец иРНК, с которого нужно начать синтез белка, нанизывается рибосома (рис. 41). Рибосома перемещается по молекуле иРНК прерывисто, «скачками», задерживаясь на каждом триплете приблизительно 0,2 с. За это мгновение одна тРНК из многих способна «опознать» своим антикодоном триплет, на котором находится рибосома. И если антикодон комплементарен этому триплету иРНК, аминокислота отсоединяется от «черешка листа» и присоединяется пептидной связью к растущей белковой цепочке (рис. 42). В этот момент рибосома сдвигается по иРНК на следующий триплет, кодирующий очередную аминокислоту синтезируемого белка, а очередная тРНК «подносит» необходимую аминокислоту, наращивающую растущую цепочку белка. Эта операция повторяется столько раз, сколько аминокислот должен содержать «строящийся» белок. Когда же в рибосоме оказывается один из триплетов, являющийся «стоп-сигналом» между

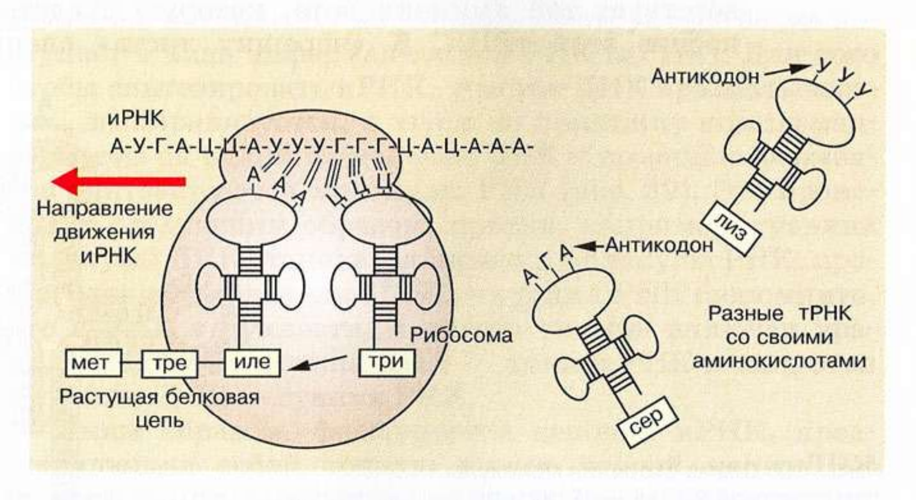


Рис. 41. Схема синтеза белка в рибосоме (трансляция)

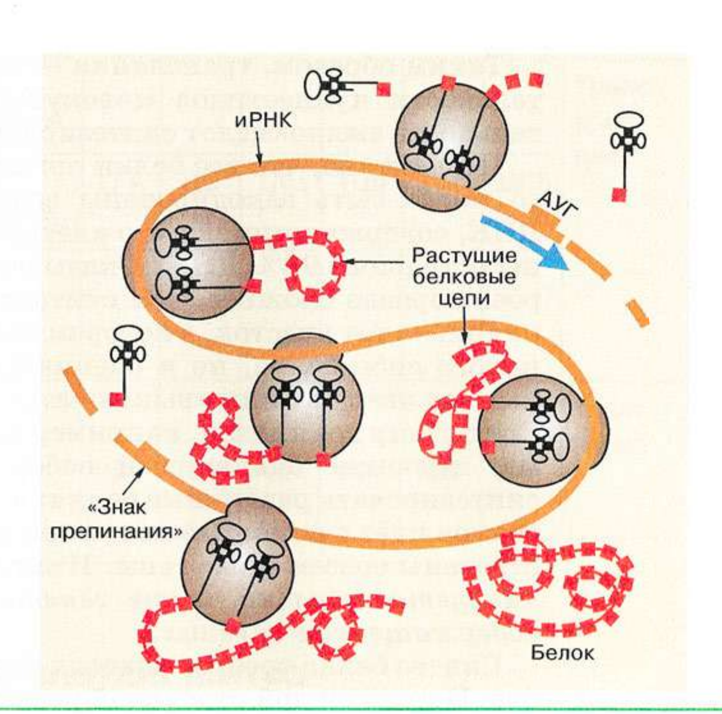


Рис. 42. Схема синтеза белка в полисоме

генами, то ни одна тРНК к такому триплету присоединиться не может, так как антикодонов к ним у тРНК не бывает. В этот момент синтез белка заканчивается. Все описываемые реакции происходят за очень маленькие промежутки времени. Подсчитано, что на синтез довольно крупной молекулы белка уходит всего около двух минут.

Клетке необходима не одна, а много молекул каждого белка. Поэтому как только рибосома, первой начавшая синтез белка на иРНК, продвинется вперёд, за ней на ту же иРНК нанизывается вторая рибосома, синтезирующая тот же белок. Затем на иРНК последовательно нанизываются третья, четвёртая рибосомы и т. д. Все рибосомы, синтезирующие один и тот же белок, закодированный в данной иРНК, называются *полисомой*. Когда синтез белка окончен, рибосома может найти другую иРНК и начать синтезировать тот белок, структура которого закодирована в новой иРНК.

Таким образом, трансляция — это перевод последовательности нуклеотидов молекулы иРНК в последовательность аминокислот синтезируемого белка.

Подсчитано, что все белки организма млекопитающего могут быть закодированы всего двумя процентами ДНК, содержащимися в его клетках. А для чего же нужны остальные 98% ДНК? Оказывается, каждый ген устроен гораздо сложнее, чем считали раньше, и содержит не только тот участок, в котором закодирована структура какого-либо белка, но и специальные участки, способные «включать» или «выключать» работу каждого гена. Вот почему все клетки, например человеческого организма, имеющие одинаковый набор хромосом, способны синтезировать различные белки: в одних клетках синтез белков идёт с помощью одних генов, а в других — задействованы совсем иные гены. Итак, *в каждой клетке реализуется только часть генетической информации, содержащейся в её генах*.

Синтез белка требует участия большого числа ферментов. И для каждой отдельной реакции белкового синтеза требуются специализированные ферменты.

ГЕН. ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД. ТРИПЛЕТ. КОДОН. ТРАНСКРИПЦИЯ. АНТИКОДОН. ТРАНСЛЯЦИЯ. ПОЛИСОМА

Вопросы

1. Что такое транскрипция?
2. Что такое трансляция?
3. Где происходят транскрипция и трансляция?
4. Что такое полисома?
5. Почему в различных клетках какого-либо организма «работает» только часть генов?
6. Может ли существовать клетка, не способная к самостоятельному синтезу веществ?

Задания

Изучив текст параграфа и проанализировав рисунки 38—42, дополните таблицу «Реализация наследственной информации в процессе биосинтеза белка» (перенеся её в тетрадь).

ДНК (кодоны)	1-я цепочка							Транскрипция
	2-я цепочка	ГГА	ЦЦЦ	ТАЦ	ТЦА	ГГТ	ЦГТ	
иРНК (кодоны)								
тРНК								Трансляция
Аминокислоты		про	гли	мет	сер	про	ала	

§ 24. Деление клетки. Митоз

1. В каких частях растения клетки делятся наиболее часто?
2. Как размножается амёба?

Размножение — одно из важнейших свойств живых организмов. К размножению способны все живые организмы без исключения. Только размножение, т. е. воспроизведение себе подобных, позволяет сохраняться всем видам бактерий, грибов, растений, животных.

Способы размножения у различных организмов могут сильно отличаться друг от друга, но в основе любого вида размножения лежит деление клеток.

Деление клеток, впрочем, происходит не только при размножении организмов, как, например, у одноклеточных существ — простейших и бактерий. Развитие многоклеточного организма из одной-единственной клетки включает в себя миллиарды делений клеток. Кроме того, продолжительность жизни многоклеточного организма превышает время жизни большинства составляющих его клеток. Поэтому почти все клетки многоклеточных орга-

низмов должны делиться, чтобы заменять погибающие клетки. Интенсивное деление клеток необходимо и при ранениях организма, когда нужно восстановить повреждённые органы и ткани.

Основным способом деления клетки является *митоз*. Митоз включает в себя ряд последовательных фаз, в результате которых сначала разделяется ядро, а затем происходит деление цитоплазмы. В результате получаются две абсолютно одинаковые клетки с наборами хромосом, идентичными набору родительской клетки. Последовательность всех процессов, происходящих в клетке с момента её возникновения в результате митоза до следующего деления или гибели, называется *жизненным циклом клетки*. Часть жизненного цикла клетки от её возникновения и до начала следующего деления называется *интерфазой*. Именно в интерфазу происходит подготовка к делению. Важнейшим процессом при этом является удвоение ДНК, после которого каждая хромосома состоит из двух идентичных половинок — *хроматид*.

Удвоение ДНК получило название *редупликации*. При редупликации водородные связи между комплементарными азотистыми основаниями (аденином — тимином и гуанином — цитозином) разрываются специальным ферментом (рис. 43). Нити, составляющие двойную спираль ДНК, расходятся, и к каждому нуклеотиду обеих нитей последовательно подстраиваются комплементарные нуклеотиды. Подстраивающиеся нуклеотиды соединяются в две нити ДНК, каждая из которых представляет копию разошедшихся нитей ДНК. Таким образом, в результате редупликации возникают две одинаковые двойные спирали ДНК, состоящие из нити «материнской» молекулы и вновь синтезируемой нити. В процессе удвоения ДНК участвует много ферментов. И как на любой синтез в клетке, на редупликацию затрачивается энергия АТФ.

Кроме редупликации ДНК, в интерфазе увеличивается число многих органоидов, например митохондрий,

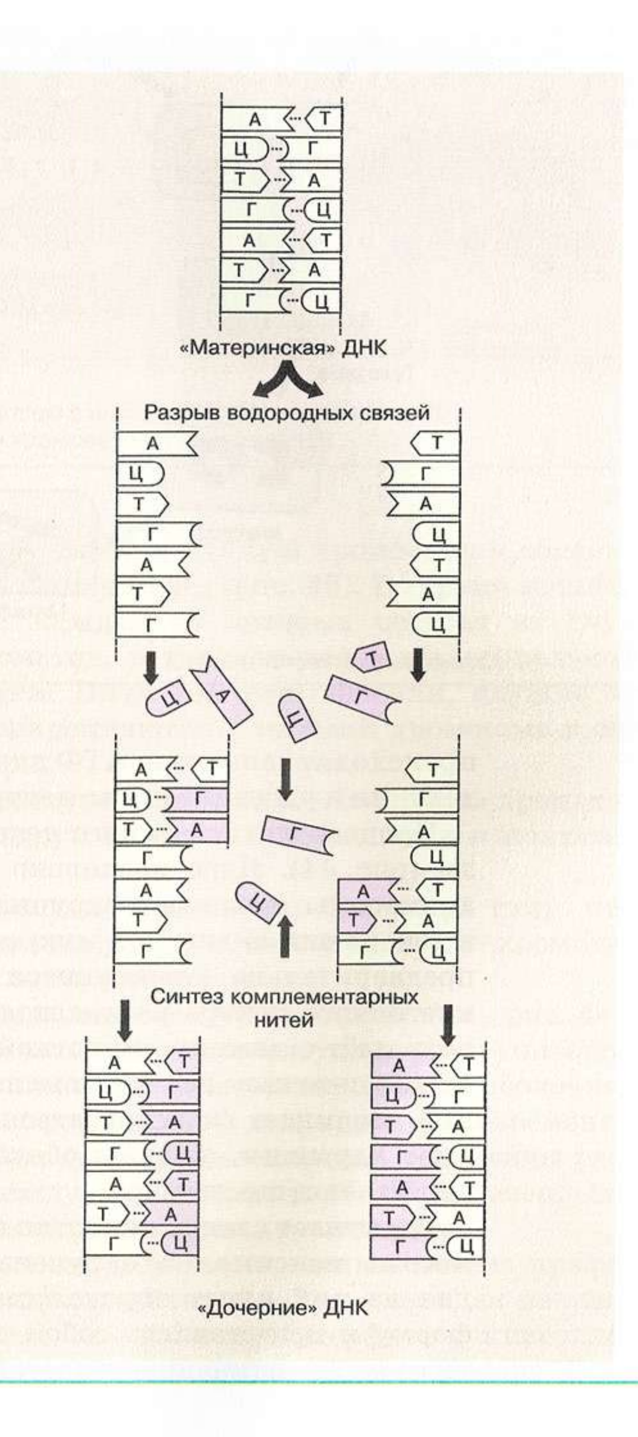


Рис. 43. Схема удвоения ДНК (редупликация)

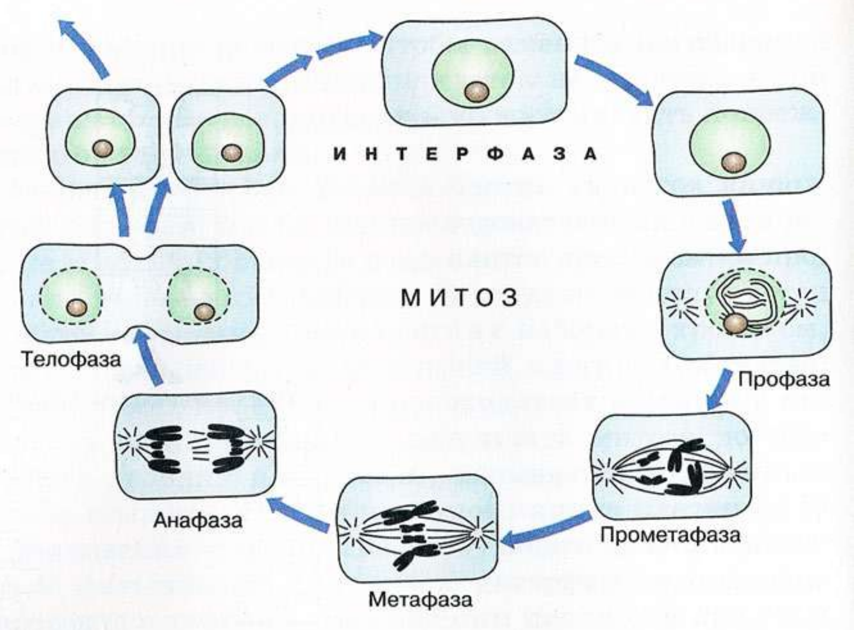


Рис. 44. Схема митотического цикла

происходит запасание АТФ для процессов последующего деления и удвоение числа центриолей.

Процесс митотического деления начинается с *профазы* (рис. 44). Ядро несколько увеличивается в объёме, хромосомы начинают скручиваться (спирализоваться), и теперь они видны под микроскопом. К концу профазы предварительно удвоившиеся в интерфазу центриоли клеточного центра расходятся к полюсам клетки (если речь идёт о делении животной клетки, так как центриоли в клеточном центре у высших растений не обнаружены). Начинает формироваться *веретено деления*. Исчезают ядрышки, ядерная оболочка разрушается, и ядро перестаёт существовать.

Наступает следующий этап митоза — *метафаза*. Хромосомы максимально скручены. Хорошо видно, что каждая из них имеет определённую, отличную от других форму и представляет собой вытянутое тельце, состоящее из двух одинаковых частей — хроматид. Хроматиды

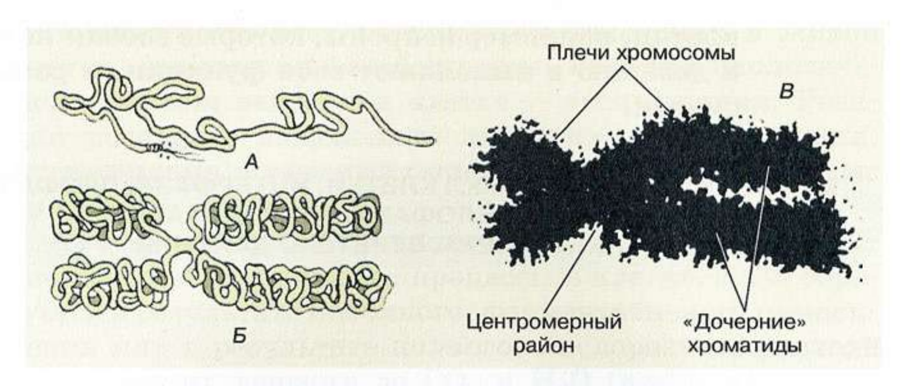


Рис. 45. Схема строения хромосом в интерфазе (*А*) и метафазе (*Б*). Электронная микрофотография хромосомы в метафазе (*В*)

соединены между собой в единую хромосому в области так называемой *центромеры* (рис. 45). Во время метафазы хромосомы, каждая из которых состоит из двух «дочерних» хроматид, располагаются в экваториальной плоскости клетки. Нити веретена деления, идущие от центриолей, прикрепляются к каждой хромосоме в области центромеры.

После этого наступает *анафаза*. «Дочерние» хроматиды отделяются друг от друга и расходятся к полюсам клетки.

Движение хроматид происходит благодаря тому, что нити веретена деления укорачиваются и тащат хроматиды к полюсам клетки (см. рис. 44).

Последняя фаза митоза — *телофаза* (см. рис. 44). Хроматиды достигают полюсов клетки и раскручиваются. Вокруг них вновь формируются ядерные оболочки, и в результате оформляются два ядра. Одновременно с этим происходит деление цитоплазмы, органоиды распределяются между двумя клетками. И наконец, две одинаковые клетки отделяются друг от друга.

В среднем процесс деления клетки от начала профазы до конца телофазы длится 1—2 ч, а каждая из этих фаз продолжается 15—20 мин. Интерфаза у многоклеточных организмов обычно длится гораздо дольше. Есть

клетки, например нейроны, которые вообще не способны к делению и выполняют свои функции от рождения до смерти.

МИТОЗ. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ КЛЕТКИ. ИНТЕРФАЗА. ПРОФАЗА. МЕТАФАЗА. АНАФАЗА. ТЕЛОФАЗА. РЕДУПЛИКАЦИЯ. ХРОМАТИДЫ. ЦЕНТРОМЕРА. ВЕРЕТЕНО ДЕЛЕНИЯ

Вопросы

1. В чём биологическое значение митоза?
2. Какие фазы включает в себя митоз?
3. Что такое редупликация ДНК?
4. Что происходит в интерфазу для подготовки деления клетки?
5. В какой фазе происходит деление цитоплазмы клетки?

Задания

Продолжительность интерфазы составляет 15—20 ч, а продолжительность всех фаз деления — не более 2 ч. Как вы думаете, чем это можно объяснить?

Краткое содержание главы

Клетка — элементарная единица жизни на Земле. Она обладает всеми признаками живого организма. Все организмы делятся на безъядерные, или прокариоты, и ядерные, или эукариоты.

Клетка покрыта наружной мембраной, внутреннее содержимое клетки называется цитоплазмой. В цитоплазме находится ядро, содержащее наследственный материал, и органоиды, выполняющие различные функции. Важнейшие органоиды: эндоплазматическая сеть, рибосомы, комплекс Гольджи, лизосомы, митохондрии, пластиды, клеточный центр.

Совокупность всех реакций, протекающих в живой клетке, называется метаболизмом. Реакции биологического синтеза веществ в клетке — ассимиляция. Реакции распада с выделением энергии — диссимиляция. Ассимиляция и диссимиляция — это взаимосвязанные процессы.

АТФ — универсальное энергетическое вещество, обеспечивающее энергией все процессы в клетке. АТФ образуется в результате неполного, ферментативного расщепления или в результате полного, кислородного распада органических веществ до CO_2 и H_2O (клеточное дыхание).

По способу получения органических веществ все клетки делятся на автотрофов и гетеротрофов. Автотрофы способны самостоятельно синтезировать необходимые им вещества за счёт энергии Солнца (фототрофы) или за счёт энергии, выделяющейся при окислении неорганических веществ (хемотрофы).

Основной источник энергии для живых существ на Земле — Солнце. Энергия Солнца превращается в энергию АТФ в пластидах зелёных растений в результате фотосинтеза. В световую фазу фотосинтеза запасается энергия, расходуемая в темновую фазу на синтез глюкозы из CO_2 и H_2O. В световую фазу фотосинтеза происходит фотолиз воды, в результате чего в атмосферу выделяется кислород.

Гетеротрофные организмы подразделяются на сапрофитов, паразитов и голозойных. Сапрофиты питаются органическими веществами мёртвых организмов, а паразиты — органическими веществами живых организмов. Голозойным свойственны более сложные способы поглощения и усвоения питательных веществ.

Важнейшим процессом ассимиляции является синтез белков. Информация о структуре любого белка заключена в триплетных сочетаниях нуклеотидов ДНК. Участок ДНК, в котором закодирована информация о структуре одного белка, называется геном. Транскрипция — синтез иРНК. В рибосомах, нанизывающихся на иРНК, происходит синтез белка. Процесс перевода информации

из последовательности нуклеотидов иРНК в последовательность аминокислот белка называется трансляцией. В каждой клетке многоклеточного организма содержится полный набор генов, однако клетка использует лишь часть генетической информации.

Основной способ деления клеток — митоз, состоящий из профазы, метафазы, анафазы и телофазы; промежуток между делениями клетки — интерфаза.

В клетках тела, как правило, диплоидный ($2n$) набор хромосом.



Глава 3

Организменный уровень

Жизнь на нашей планете представлена огромным многообразием одноклеточных и многоклеточных организмов. В этой главе мы рассмотрим организм как саморазвивающуюся и воспроизводящую себя систему.

Из этой главы вы узнаете

- какими способами размножаются живые организмы;
- как развивается эмбрион у животных;
- что такое изменчивость;
- почему дети не всегда похожи на родителей;
- каковы законы наследственности и как ими пользуется человек в своей практической деятельности.

§ 25. Размножение организмов

1. Все ли живые существа способны к размножению?
2. Какой вид размножения появился первым?
3. У каких простейших появился половой процесс?
4. Какие растения называются двудомными?

Бесполое размножение. Как вы уже знаете, способность к размножению — важнейшее свойство живых организмов. Древнейшим способом размножения на Земле было *бесполое размножение*. При бесполом размножении одна или несколько клеток тела родительской особи делятся. При этом образуется одна или несколько дочерних особей, во всём схожих с родительской. Бесполое размножение у различных живых организмов может проходить по-разному.

У бактерий перед размножением единственная хромосома удваивается, клетка удлиняется, и между расходящимися к её полюсам хромосомами образуется перегородка — получаются две клетки (рис. 46).

Многие простейшие и одноклеточные водоросли делятся митозом, образуя две клетки из одной, например амёбы, некоторые инфузории, эвглена зелёная, хламидомонада.

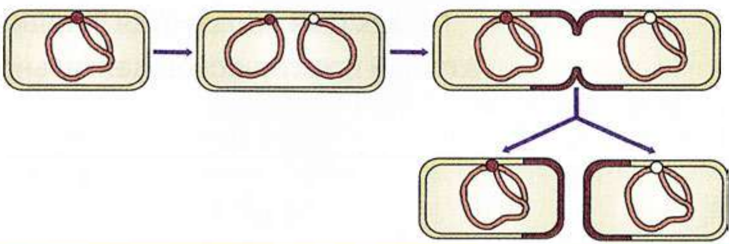


Рис. 46. Схема деления бактериальной клетки

Другой способ бесполого размножения — *почкование*. Почкованием размножаются многие низшие грибы, например дрожжи (рис. 47), и даже многоклеточные животные, например пресноводная гидра (рис. 48). При почковании дрожжей на клетке образуется утолщение, постепенно превращающееся в полноценную дочернюю клетку дрожжей. На теле гидры несколько клеток начинают делиться, и постепенно на материнской особи вырастает маленькая гидра, у которой образуются рот со щупальцами и кишечная полость, связанная с кишечной полостью «матери». Если материнская особь поймает добычу, то часть питательных веществ попадает и в маленькую гидру, и, наоборот, дочерняя особь, охотясь, также «делится» пищей с материнской особью. Вскоре маленькая гидра отделяется от материнского организма и обычно располагается рядом с ней. Теперь «мать» и «дочь» будут конкурировать за пищу. Вот почему гидры размножаются почкованием только тогда, когда условия существования хорошие и пищи достаточно.

Некоторые животные могут размножаться *делением тела* на несколько частей, причём из каждой части вырастает полноценный организм, во всём сходный с родительской особью (плоские и кольчатые черви, иглокожие).

Большинство растений способны к бесполому размножению с помощью *спор* (не путайте эти споры со спорами бактерий!). Споры растений — это гаплоидные клетки,

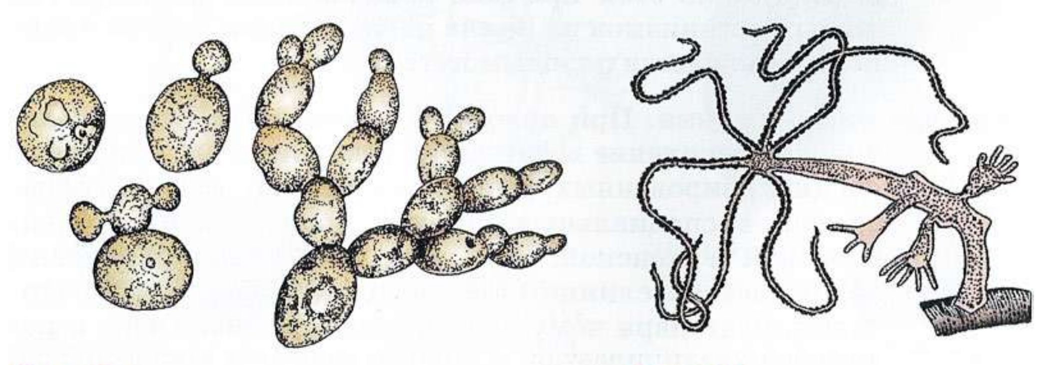


Рис. 47. Размножение дрожжей почкованием

Рис. 48. Почкование гидры

покрытые специальной оболочкой, защищающей их от вредного воздействия окружающей среды: холода, засухи и т. п. Например, у папоротников споры образуются в специальных органах — спорангиях на нижней стороне листьев, а у мхов — в особых коробочках на верхушках женских растений.

И наконец, ещё один способ бесполого размножения — *вегетативное размножение*, особенно часто встречающееся у высших растений. При таком способе размножения целое растение развивается из какого-либо вегетативного органа или даже части органа растения. Так, например, растения могут размножаться стеблем или его частью и видоизменениями: отводками (смородина), черенками (тополь), усами (земляника), клубнями (картофель), корневищами (ирис), луковицами (лук, чеснок, тюльпан). Возможно также вегетативное размножение корнями (малина, слива) и корнеклубнями (георгин). В определённых условиях растение может размножаться и черенком листа (бегония) (рис. 49).

Бесполое размножение позволяет быстро увеличивать численность вида в благоприятных условиях. Но при таком способе размножения все потомки имеют абсолютно такой же генотип, как и родительская особь: ведь они развиваются из клеток тела этой особи. Следовательно, при бесполом размножении не происходит увеличения генетического разнообразия, которое может оказаться очень полезным при изменении условий существования вида. Вот по этой причине подавляющее большинство живых организмов на Земле периодически или постоянно размножается половым путём.

Половое размножение. При *половом размножении* каждое следующее поколение возникает в результате слияния двух специализированных клеток — *гамет*. Гаметы образуются в специальных органах родительских особей, мужской и женской. Сущность полового размножения заключается в слиянии генетической информации родителей, благодаря чему генетическое разнообразие в потомстве увеличивается, а значит, растёт и жизнеспособность по сравнению с родительской.



Рис. 49. Способы вегетативного размножения растений

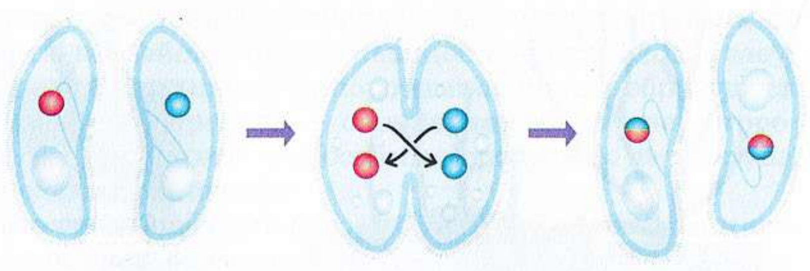


Рис. 50. Конъюгация у инфузорий

По-видимому, исторически более древние обоеполые животные — *гермафродиты*, такие как кишечнополостные, плоские и кольчатые черви, некоторые моллюски. Но в ходе эволюции стали преобладать раздельнополые виды. Иногда при половом процессе две особи просто обмениваются генетическим материалом. Число особей при этом не увеличивается, однако в результате каждая из них получает новый генетический материал. Так, например, происходит половой процесс у инфузорий (рис. 50).

Половые клетки — гаметы формируются у животных в половых железах: у самцов в *семенниках* образуются *сперматозоиды*, а у самок в *яичниках* — *яйцеклетки*.

Яйцеклетки неподвижны, обычно достигают крупных размеров и содержат запасы питательных веществ. Диа-

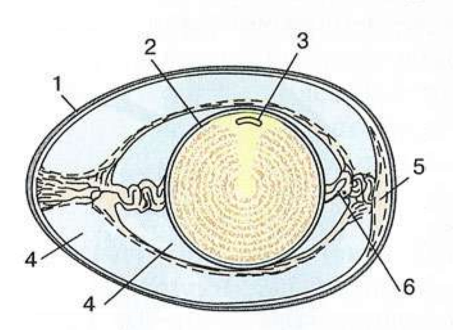


Рис. 51. Схема строения куриного яйца: 1 — скорлупа; 2 — желток; 3 — зародышевый диск; 4 — белковая оболочка; 5 — воздушная камера; 6 — халазы (белковые шнуры, удерживающие яйцеклетку в определённом положении)

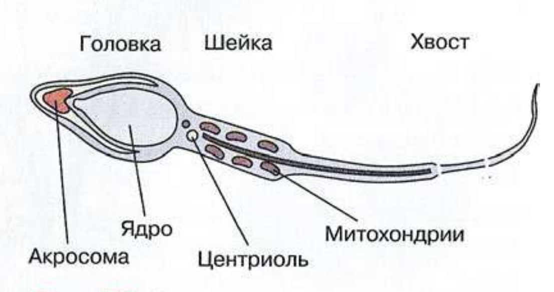


Рис. 52. Строение сперматозоида млекопитающего

метр яйцеклетки млекопитающих около 0,1 мм; яйцеклетки рыб (икринки) содержат больше питательных веществ и значительно крупнее. Ещё крупнее яйцеклетки у птиц. Яйцеклетка курицы, богатая желтком, имеет диаметр около 3 см (рис. 51). А самая большая яйцеклетка у сельдевой акулы — её диаметр более 23 см!

Сперматозоиды очень малы и подвижны. У млекопитающих сперматозоид состоит из головки (её длина около 5—10 мкм), шейки и хвостика (их общая длина около 60 мкм) (рис. 52). В головке расположено ядро, содержащее гаплоидный набор хромосом. Цитоплазмы в головке очень мало. В шейке находятся небольшое число митохондрий, вырабатывающих энергию для движения сперматозоида, и центриоль, обеспечивающая колебания жгутика, лежащего вдоль оси хвостика.

БЕСПОЛОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ. ПОЧКОВАНИЕ. ДЕЛЕНИЕ ТЕЛА. СПОРЫ. ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ. ПОЛОВОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ. ГАМЕТЫ. ГЕРМАФРОДИТЫ. СЕМЕННИКИ. ЯИЧНИКИ. СПЕРМАТОЗОИДЫ. ЯЙЦЕКЛЕТКИ

Вопросы

1. Какие виды бесполого размножения вы можете назвать?
2. Почему гидры размножаются бесполым путём только в благоприятных условиях?
3. Перечислите способы вегетативного размножения у высших растений.
4. В чём недостаток бесполого размножения?
5. В чём преимущество полового размножения перед бесполым?
6. Каких животных называют гермафродитами?
7. Как устроены сперматозоид и яйцеклетка?

Задания

Сравните процессы бесполого и полового размножения. Объясните, что общего и в чём различия этих процессов. В чём заключается их биологическая сущность?

§ 26. Развитие половых клеток. Мейоз. Оплодотворение

1. Какой процесс называется оплодотворением?

2. Каким растениям присуще двойное оплодотворение?

3. Как происходит оплодотворение у млекопитающих?

Развитие половых клеток. Процесс образования половых клеток — сперматозоидов и яйцеклеток называется *гаметогенезом*. В нём выделяют несколько стадий (рис. 53).

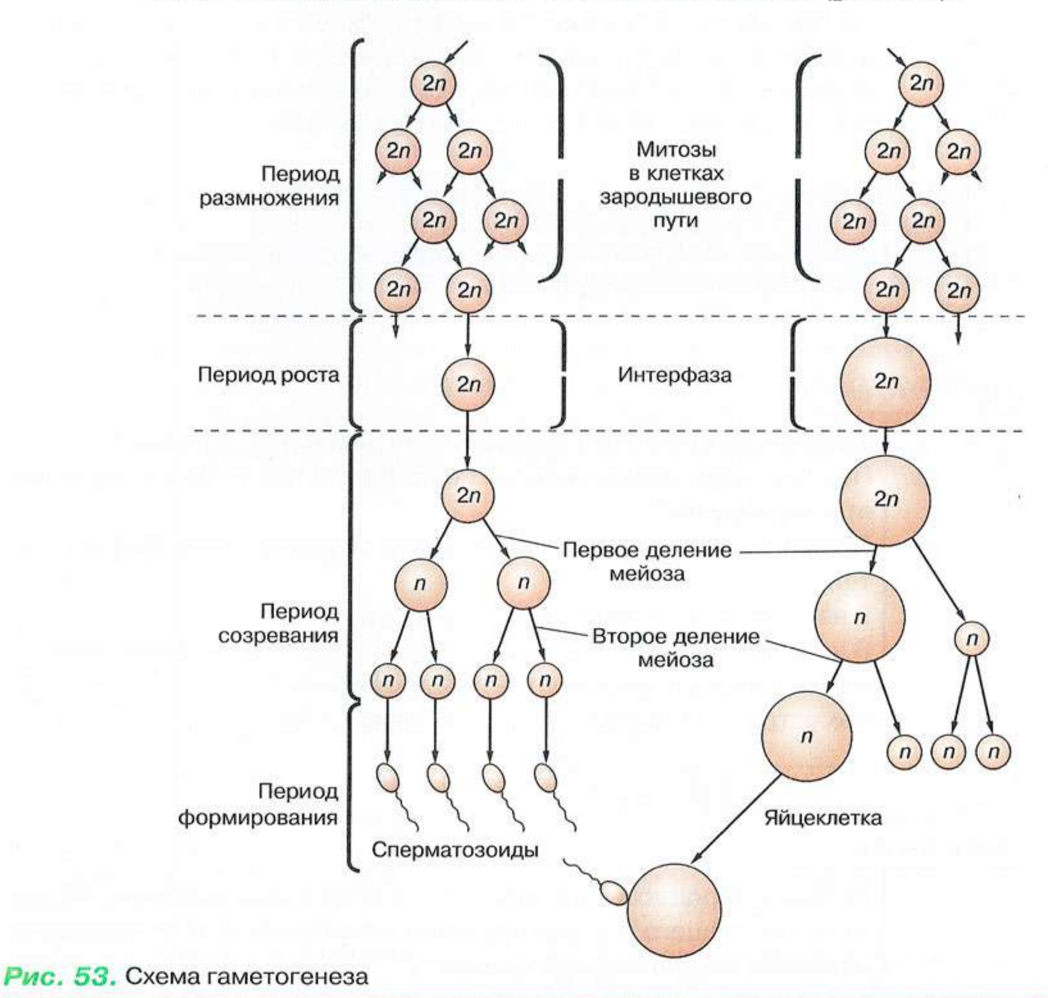


Рис. 53. Схема гаметогенеза

Первая стадия — *период размножения.* В это время первичные половые клетки делятся митозом и их количество увеличивается. У самцов млекопитающих (в том числе и у человека) этот процесс идёт с момента наступления половой зрелости до глубокой старости. А вот у самок млекопитающих, в том числе у женщин, первичные половые клетки делятся только в период внутриутробного развития плода и до наступления полового созревания сохраняются в покое.

Вторая стадия — *период роста* будущих гамет. Будущие сперматозоиды увеличиваются незначительно, ведь они очень малы, а вот будущие яйцеклетки увеличиваются во много раз.

Третья стадия формирования гамет — *период созревания*, или *мейоз.*

Мейоз — это особый вид деления клеток, при котором число хромосом в дочерних клетках уменьшается в два раза. Это необходимо для сохранения постоянства числа хромосом в клетках организма при половом размножении. Поясним на примере. В каждой клетке тела человека диплоидный набор хромосом ($2n$) равен 46. Новый человеческий организм возникает в момент слияния яйцеклетки и сперматозоида. Для того чтобы в клетках будущего ребёнка также было по 46 хромосом, необходимо, чтобы в яйцеклетке и сперматозоиде было по гаплоидному набору хромосом ($1n$), т. е. по 23 хромосомы.

Мейоз представляет собой два последовательных деления: *мейоз* I (первое деление) и *мейоз* II (второе деление). Перед первым делением, как и перед митозом, происходит удвоение хромосом в результате редупликации ДНК. Каждое из этих делений состоит из тех же фаз, что и митоз: профаза, метафаза, анафаза, телофаза (рис. 54). В профазу первого деления (профаза I) спирализованные хромосомы находят «свою пару», т. е. *гомологичную хромосому*, и тесно с ней скручиваются. Этот процесс кратковременного соединения гомологичных хромосом получил название *конъюгации.* Во время конъюгации в гомологичных хромосомах могут происходить поперечные разрывы, и хромосомы обмениваются одинаковыми участками. Это явление получило название *перекрёст хро-*

ХОД МЕЙОЗА		
ФАЗЫ		ПРОЦЕССЫ
Первое деление мейоза		
Профаза I		Спаривание гомологичных хромосом (одна из них материнская, другая – отцовская). Образование аппарата деления
Метафаза I		Расположение гомологичных хромосом по экватору
Анафаза I		Разделение пар хромосом (состоящих из двух хроматид) и перемещение их к полюсам
Телофаза I		Образование дочерних клеток
Второе деление мейоза		
Профаза II Метафаза II Анафаза II		Возникшие в телофазе I дочерние клетки проходят митотическое деление. Центромеры делятся, хроматиды хромосом обеих дочерних клеток расходятся к их полюсам
Телофаза II		Образование четырёх гаплоидных ядер или клеток (образование спор у мхов и папоротников)

Рис. 54. Схема мейоза

мосом или *кроссинговер*. После конъюгации гомологичные хромосомы расходятся и наступает метафаза I, во время которой в экваториальной плоскости располагаются друг напротив друга гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид. Затем во время анафазы I к полюсам клетки расходятся гомологичные хромосомы, состоящие из двух хроматид, а не

половинки хромосом — хроматиды, как во время митоза.

Затем следует короткая телофаза I, и сразу вслед за ней начинается мейоз II, т. е. второе деление мейоза, при котором делятся те две клетки, которые образовались при мейозе I. В метафазу II по экваторам этих двух клеток располагается вдвое меньше хромосом, чем в метафазу I. В анафазу II происходит расхождение к полюсам клеток дочерних хроматид, составлявших раньше единую хромосому. В результате мейоза из одной диплоидной клетки ($2n$) образуется четыре гаплоидные клетки ($1n$).

Итак, сущность мейоза состоит в том, что после одного удвоения хромосом происходят два последовательных деления клетки и каждая половая клетка получает только n хромосом. Кроме того, при перекрёсте во время конъюгации в гаметах возникают новые комбинации генов. У мужских особей все четыре гаплоидные клетки, образующиеся в результате мейоза, превращаются в сперматозоиды. При этом ядро будущего сперматозоида уменьшается, появляется жгутик, а митохондрии располагаются в шейке (*период формирования*).

А вот при созревании яйцеклетки мейоз идёт иначе: цитоплазма неравномерно распределяется между клетками, образующимися при мейозе. При этом только одна клетка из образовавшихся четырёх получается полноценной и жизнеспособной, а три остальные дочерние клетки превращаются в так называемые *направительные тельца*.

Сперматозоидов в семенниках самцов созревает во много раз больше, чем яйцеклеток в яичниках самок. Например, у мужчины в течение всей жизни образуется 10^{10} сперматозоидов, тогда как у женщины — только 300—400 яйцеклеток.

Оплодотворение. Процесс слияния женской и мужской гамет получил название *оплодотворения*. У водных животных — рыб, амфибий — происходит выброс гамет в воду, где и осуществляется так называемое *наружное оплодотворение*.

У наземных животных наружного оплодотворения быть не может, и сперматозоиды должны попасть непосредственно в организм самки, где и происходит *внутреннее оплодотворение*; при этом число сперматозоидов должно быть достаточно велико, так как далеко не все они достигают яйцеклетки.

В результате оплодотворения гаплоидные ядра сперматозоида и яйцеклетки сливаются и возникает одноклеточная стадия развития организма — *зигота*. При этом восстанавливается диплоидный набор, характерный для соматических клеток, и зигота, делясь митозом, даёт начало всем тканям и органам.

Для покрытосеменных растений характерно так называемое *двойное оплодотворение*. Его преимущество — в образовании питательной ткани (*эндосперма*), ускоряющей созревание семени.

ГАМЕТОГЕНЕЗ. ПЕРИОД РАЗМНОЖЕНИЯ. ПЕРИОД РОСТА. ПЕРИОД СОЗРЕВАНИЯ. МЕЙОЗ: МЕЙОЗ I И МЕЙОЗ II. КОНЪЮГАЦИЯ. КРОССИНГОВЕР. НАПРАВИТЕЛЬНЫЕ ТЕЛЬЦА. ОПЛОДОТВОРЕНИЕ. ЗИГОТА. НАРУЖНОЕ ОПЛОДОТВОРЕНИЕ. ВНУТРЕННЕЕ ОПЛОДОТВОРЕНИЕ. ДВОЙНОЕ ОПЛОДОТВОРЕНИЕ У ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ. ЭНДОСПЕРМ

Вопросы

1. Какой процесс называется гаметогенезом?
2. Из каких стадий состоит мейоз?
3. Сколько клеток из одной образуется при мейозе? Сколько в них хромосом?
4. Почему наружное оплодотворение требует большого числа сперматозоидов?
5. Что такое зигота?
6. Почему на суше невозможно наружное оплодотворение?

Задания

Сравните митоз и мейоз. Объясните, что общего и в чём различия этих процессов. В чём заключается биологическая сущность мейоза?

§ 27. Индивидуальное развитие организмов. Биогенетический закон

1. Где развивается зародыш млекопитающих?
2. Что такое зигота?

При половом размножении начало всему организму даёт одна клетка — зигота, при бесполом размножении — одна или несколько клеток родительской особи. Но в любом случае, для того чтобы малое число клеток превратилось в полноценный организм, необходим целый ряд сложных, сменяющих друг друга превращений. Процесс индивидуального развития особи от момента её возникновения до конца жизни получил название *онтогенеза* (от греч. *ontos* — сущее и *genesis* — происхождение).

Онтогенез делят на два периода: эмбриональный (от греч. *embrion* — зародыш) и постэмбриональный. *Эмбриональный период* (*эмбриогенез*) длится с момента образования зиготы до рождения (например, у млекопитающих) или выхода из яйцевых оболочек (например, у птиц). *Постэмбриональный период* начинается с момента рождения и длится до конца жизни особи.

Эмбриональный период. У всех многоклеточных организмов стадии эмбрионального развития зародыша одни и те же, однако они могут протекать по-разному. Яйцеклетки одних животных содержат мало питательных веществ, и образовавшаяся зигота может развиваться свободно. У других животных яйцеклетка снабжена огромным, по сравнению с её размерами, запасом питательных веществ, и развитие зиготы происходит совсем по-другому. Примером таких животных являются птицы.

Весь организм развивается из одной клетки — зиготы, а клетки всех органов и тканей, несмотря на разнообразие строения, содержат одинаковый набор генов.

Постэмбриональный период. В момент рождения или выхода организма из яйцевых оболочек наступает период постэмбрионального развития.

Постэмбриональное развитие может быть *прямым*, когда из яйца или организма матери появляется существо, сходное со взрослым (пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие), и *непрямым*, когда образовавшаяся в эмбриональный период личинка устроена проще, чем взрослый организм, и отличается от него способами питания, движения и др. (кишечнополостные, плоские и кольчатые черви, ракообразные, насекомые, земноводные).

Биогенетический закон. Сравнение зародышей разных видов животных показало, что развитие эмбрионов в пределах одного типа во многом сходно. Например, у всех хордовых на ранней стадии развития есть хорда, нервная трубка и кишечная трубка с жаберными щелями в ней.

Эмбрионы всех групп позвоночных на ранних стадиях внешне очень похожи (рис. 55). Этот факт позволил Карлу Бэру сформулировать *закон зародышевого сходства*: в пределах типа эмбрионы, начиная с самых ранних стадий, обнаруживают известное общее сходство. Однако при дальнейшем развитии каждый зародыш развивается своим путём и приобретает всё большее сходство с особями своего вида. Человек, например, начинает своё эмбриональное развитие с одной клетки — зиготы, т. е. как бы проходит стадию простейших, бластула аналогична колониальным животным, сходным с вольвоксом, гаструла — аналог двуслойных кишечнополостных. В первые недели эмбриогенеза у будущего человека есть хорда, жаберные щели и хвост, т. е. он напоминает древнейших хордовых, сходных по строению с нынешним ланцетником.

Этот и многие другие примеры показывают связь между индивидуальным развитием каждого организма и эволюцией вида, к которому этот организм относится.

Эта мысль была сформулирована в *биогенетическом законе* Ф. Мюллера и Э. Геккеля: индивидуальное развитие особи (*онтогенез*) до определённой степени повторяет историческое развитие вида (*филогенез*), к которому относится данная особь.

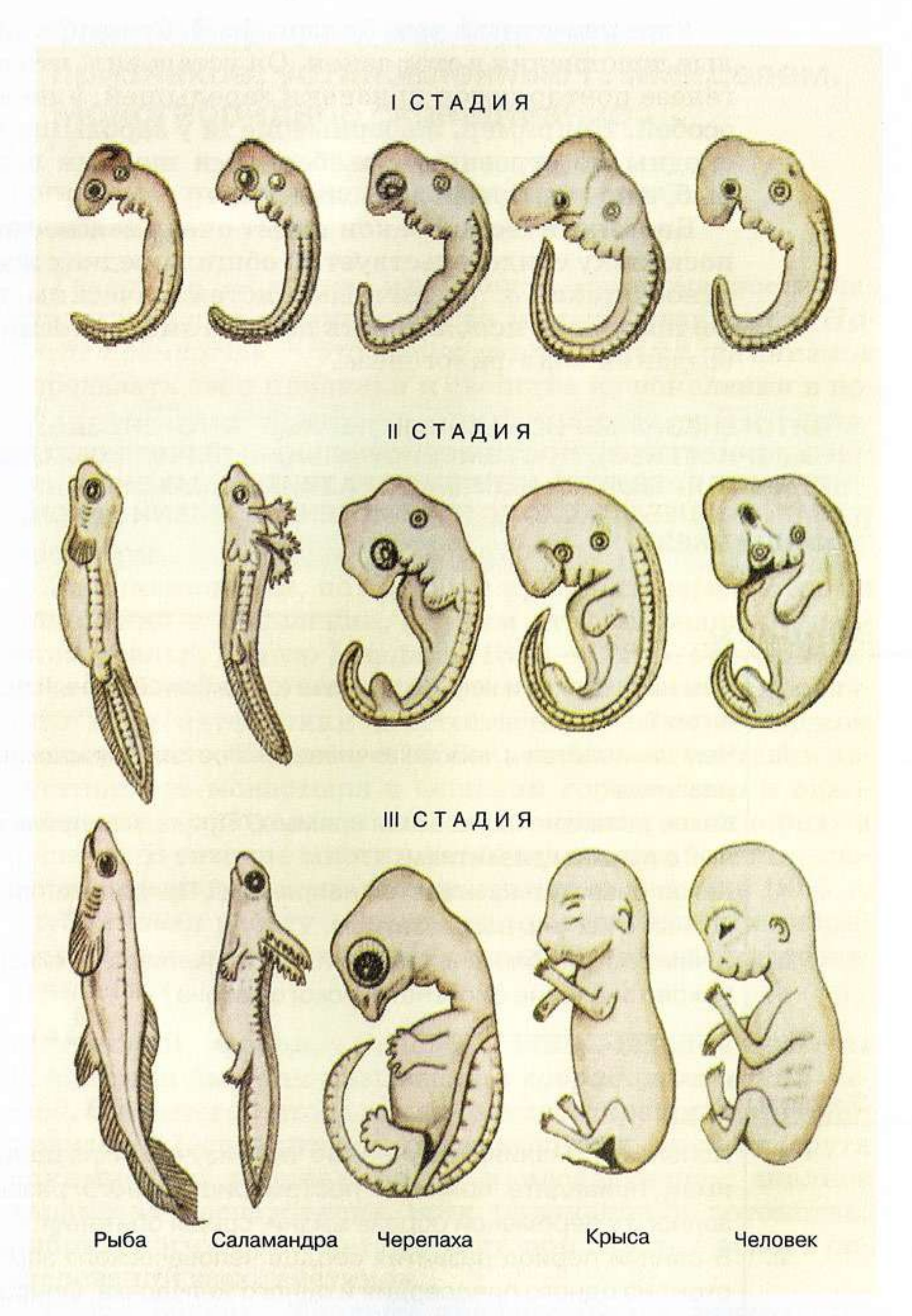


Рис. 55. Сходство эмбрионов некоторых животных на ранних стадиях развития

Уже известный вам биолог А. Н. Северцов внёс важные дополнения в этот закон. Он установил, что в эмбриогенезе повторяются признаки зародышей, а не взрослых особей. Например, жаберные щели у зародыша человека сходны по строению с жаберными щелями зародышей рыб, а не с жабрами взрослых рыб.

Биогенетический закон имеет очень важное значение, поскольку свидетельствует об общих предках животных, относящихся к различным систематическим группам. Он позволяет использовать данные эмбриологии для воссоздания хода филогенеза.

ОНТОГЕНЕЗ. ЭМБРИОНАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ОНТОГЕНЕЗА (ЭМБРИОГЕНЕЗ). ПОСТЭМБРИОНАЛЬНЫЙ ПЕРИОД ОНТОГЕНЕЗА. ПРЯМОЕ РАЗВИТИЕ. НЕПРЯМОЕ РАЗВИТИЕ. ЗАКОН ЗАРОДЫШЕВОГО СХОДСТВА. БИОГЕНЕТИЧЕСКИЙ ЗАКОН. ФИЛОГЕНЕЗ

Вопросы

1. Чем начинается и чем заканчивается эмбриональный период развития?
2. Чем начинается и чем заканчивается постэмбриональный период развития?
3. Какое развитие называется прямым? Приведите примеры животных с прямым развитием.
4. Какое развитие называется непрямым? Приведите примеры животных с непрямым развитием.
5. В чём состоит биогенетический закон Мюллера—Геккеля?
6. Каково значение биогенетического закона?

Задания

1. Используя знания, полученные при изучении раздела «Животные», приведите примеры постэмбрионального развития, связанного с переменой образа жизни, среды обитания.
2. В ранний период развития сердце человеческого зародыша состоит из одного предсердия и одного желудочка. Опираясь на положения биогенетического закона, прокомментируйте этот факт.

§ 28. Закономерности наследования признаков, установленные Г. Менделем. Моногибридное скрещивание

1. У каких организмов только одна кольцевая хромосома?
2. Что такое гибрид?

Генетика — наука, изучающая закономерности наследственности и изменчивости живых организмов. *Наследственность* — это свойство всех живых организмов передавать свои признаки и свойства из поколения в поколение. *Изменчивость* — свойство всех живых организмов приобретать в процессе индивидуального развития новые признаки. Элементарные единицы наследственности — *гены* — представляют собой участки ДНК хромосом.

Закономерности, по которым признаки передаются из поколения в поколение, первым открыл великий чешский учёный Грегор Мендель (1822—1884). Грегор Мендель в 25 лет стал монахом, уже после этого он прослушал курс математики и естественных наук в Венском университете. Позднее, с 1868 г., он был настоятелем августинского монастыря в чешском городе Брно и одновременно преподавал в школе естественную историю и физику. В течение многих лет Мендель как ботаник-любитель проводил опыты в монастырском саду и в 1865 г. опубликовал работу «Опыты над растительными гибридами», в которой изложил основные законы наследственности.

Гибридологический метод. Основой замечательной работы Г. Менделя был так называемый *гибридологический метод*. Суть этого метода заключается в скрещивании (гибридизации) организмов, отличающихся друг от друга какими-либо признаками, и в последующем анализе характера наследования этих признаков у потомства. Гибридологический метод до сих пор лежит в основе исследований всех генетиков.

Ставя опыты, Мендель придерживался нескольких правил. Во-первых, работая с садовым горохом, он ис-

пользовал для скрещивания растения, которые относились к различным сортам. Так, например, у одного сорта горошины всегда были жёлтые, а у другого — всегда зелёные. Так как горох самоопыляемое растение, то в природных условиях эти сорта не смешиваются. Такие сорта называют *чистыми линиями*.

Во-вторых, чтобы получить больше материала для анализа законов наследственности, Мендель работал не с одной, а с несколькими родительскими парами гороха.

В-третьих, Мендель намеренно упростил задачу, наблюдая за наследованием не всех признаков гороха сразу, а только одной их пары. Для своих опытов он изначально выбрал цвет семян гороха — горошин. В тех случаях, когда родительские организмы различаются лишь по одному признаку (например, только по цвету семян или только по форме семян), скрещивание называют *моногибридным*.

В-четвёртых, имея математическое образование, Мендель применил для обработки данных количественные методы: он не просто замечал, каков цвет семян гороха у потомства, но и точно подсчитывал, сколько таких семян появилось.

Надо добавить, что Мендель очень удачно выбрал для опытов горох. Горох легко выращивать, в условиях Чехии он размножается несколько раз в год, сорта гороха отличаются друг от друга рядом хорошо заметных признаков, и, наконец, в природе горох самоопыляем, но в эксперименте это самоопыление легко предотвратить, и экспериментатор может опылять растение пыльцой с другого растения, т. е. перекрёстно.

Если пользоваться терминами, появившимися через много лет после работ Менделя, то можно сказать, что клетки растений гороха одного сорта содержат по два гена только жёлтой окраски, а гены растений другого сорта — по два гена только зелёной окраски. Гены, ответственные за развитие одного признака (например, цвета семян), получили название *аллельных генов*. Если организм содержит два одинаковых аллельных гена (например, оба гена зелёного цвета семян или, наоборот, оба гена желтизны семян), то такие организмы называют

гомозиготными. Если же аллельные гены различны (т. е. один из них определяет жёлтую, а другой — зелёную окраску семян), то такие организмы называют *гетерозиготными*. Чистые линии образованы гомозиготными растениями, поэтому при самоопылении они всегда воспроизводят один вариант проявления признака. В опытах Менделя это был один из двух возможных цветов семян гороха — или всегда жёлтый, или всегда зелёный.

(Не будем забывать, что в те годы, когда Мендель ставил свои эксперименты, о генах, хромосомах, митозе и мейозе не было известно ничего!)

Единообразие гибридов первого поколения. Искусственно скрещивая растения гороха с жёлтыми горошинами с растениями, имеющими зелёные горошины (т. е. проводя моногибридное скрещивание), Мендель убедился, что все семена потомков-гибридов будут жёлтого цвета. Такое же явление он наблюдал в опыте при скрещивании растений с гладкими и морщинистыми семенами — все гибридные растения имели гладкие семена. Проявляющийся у гибридов признак (желтизну семян или гладкость семян) Мендель назвал *доминантным*, а подавляемый признак (т. е. зелёный цвет семян или морщинистость семян) — *рецессивным*. Доминантный признак принято обозначать большой буквой (A, B, C), а рецессивный — маленькой (a, b, c).

На основании этих данных Мендель сформулировал *правило единообразия гибридов первого поколения*: ***при скрещивании двух гомозиготных организмов, отличающихся друг от друга одним признаком, все гибриды первого поколения будут иметь признак одного из родителей, и поколение по данному признаку будет единообразным.***

Из семян, полученных в первом поколении, Мендель вырастил растения гороха и снова скрестил их между собой. У растений второго поколения большинство горошин были жёлтого цвета, но встречались и зелёные горошины. Всего от нескольких скрещиваемых пар растений Мендель получил 6022 жёлтых и 2001 зелёную горошину. Легко сосчитать, что $^{3}/_{4}$ гибридных семян имели

жёлтую окраску и $^1/_4$ — зелёную. Явление, при котором скрещивание приводит к образованию потомства частично с доминантными, частично с рецессивными признаками, получило название *расщепления*.

Опыты с другими признаками подтвердили эти результаты, и Мендель сформулировал *правило расщепления*: *при скрещивании двух потомков (гибридов) первого поколения между собой во втором поколении наблюдается расщепление, и снова появляются особи с рецессивными признаками; эти особи составляют одну четвёртую часть от всего числа потомков второго поколения.*

Закон чистоты гамет. Для объяснения тех фактов, которые легли в основу правила единообразия гибридов первого поколения и правила расщепления, Г. Мендель предположил, что «элементов наследственности» (генов) в каждой соматической клетке по два. В клетках гибрида первого поколения, хотя они и имеют только жёлтые горошины, обязательно должны присутствовать оба «элемента» (и жёлтого, и зелёного цветов), иначе у гибридов второго поколения не может возникнуть горошин зелёного цвета. Связь между поколениями обеспечивается через половые клетки — гаметы. Значит, каждая гамета получает только один «элемент наследственности» (ген) из двух возможных — «жёлтый» или «зелёный». Эту гипотезу Менделя о том, что *при образовании гамет в каждую из них попадает только один из двух аллельных генов*, называют *законом чистоты гамет*.

Из опытов Г. Менделя по моногибридному скрещиванию, помимо закона чистоты гамет, следует также, что гены передаются из поколения в поколение не меняясь. Иначе невозможно объяснить тот факт, что в первом поколении после скрещивания гомозигот с жёлтыми и зелёными горошинами все семена были жёлтые, а во втором поколении снова появились зелёные горошины. Следовательно, ген зелёного цвета горошин не исчез и не превратился в ген жёлтого цвета горошин, а просто не проявился в первом поколении, подавленный доминантным геном желтизны.

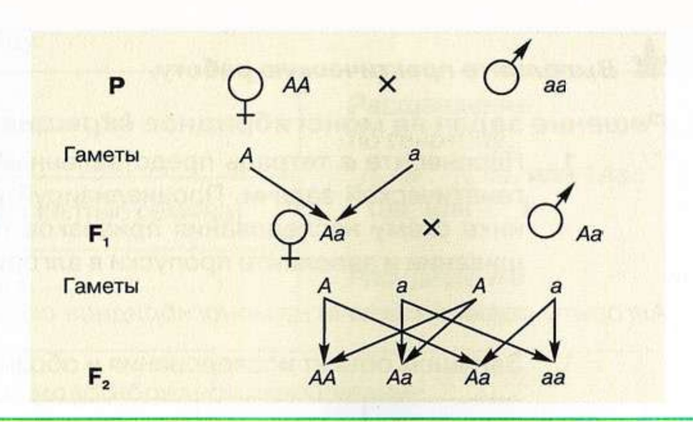


Рис. 56. Схема наследования признаков при моногибридном скрещивании

Цитологические основы закономерностей наследования при моногибридном скрещивании. Изобразим моногибридное скрещивание в виде схемы. Символ ♀ обозначает женскую особь, символ ♂ — мужскую, × — скрещивание, P — родительское поколение, F_1 — первое поколение потомков, F_2 — второе поколение потомков, A — ген, отвечающий за доминантный жёлтый цвет, a — ген, отвечающий за рецессивный зелёный цвет семян гороха (рис. 56).

Из рисунка видно, что в каждой гамете родительских особей будет по одному гену (вспомните мейоз): в одном случае A, в другом — a. Таким образом, в первом поколении все соматические клетки будут гетерозиготными — Aa. В свою очередь, гибриды первого поколения с равной вероятностью могут образовывать гаметы A или a. Случайные комбинации этих гамет при половом процессе могут дать следующие варианты: AA, Aa, aA, aa. Первые три растения, содержащие ген A, по правилу доминирования будут иметь жёлтые горошины, а четвёртое — рецессивная гомозигота aa — будет иметь зелёные горошины.

ГИБРИДОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД. ЧИСТЫЕ ЛИНИИ. МОНОГИБРИДНЫЕ СКРЕЩИВАНИЯ. АЛЛЕЛЬНЫЕ ГЕНЫ. ГОМОЗИГОТНЫЕ И ГЕТЕРОЗИГОТНЫЕ ОРГАНИЗМЫ. ДОМИНАНТНЫЕ И РЕЦЕССИВНЫЕ ПРИЗНАКИ. РАСЩЕПЛЕНИЕ. ЗАКОН ЧИСТОТЫ ГАМЕТ

 ***Выполните практическую работу.***

Решение задач на моногибридное скрещивание

1. Перенесите в тетрадь представленный ниже алгоритм решения генетической задачи. Проанализируйте представленную в учебнике схему наследования признаков при моногибридном скрещивании и заполните пропуски в алгоритме.

Алгоритм решения задачи на моногибридное скрещивание

1. Запишем объект исследования и обозначение генов в таблицу.

Объект	Ген	Признак
Горох	*A*	...
	...	Зелёная окраска семян

2. Определим возможные генотипы и фенотипы.

Генотип	Фенотип
AA	Растение с жёлтыми семенами
Aa	...
...	Растение с зелёными семенами

3. Определим генотипы родителей, типы гамет и запишем схему скрещивания.



4. Заполним таблицу.

aa \ *Aa*	1*A*	
$^1/_2$ *A*	$^1/_2$ *Aa* (жёлтые семена)	Расщепление по генотипу: $^1/_2$ *Aa* : $^1/_2$ *aa*, или 1*Aa* : : 1*aa*, или 1 : 1
$^1/_2$ *a*	$^1/_2$ *aa* (... ... ...)	Расщепление по фенотипу: ...

2. Решите задачи на моногибридное скрещивание.

1. У человека ген длинных ресниц доминирует над геном коротких ресниц. Женщина с длинными ресницами, у отца которой были короткие ресницы, вышла замуж за мужчину с короткими ресницами. Сколько типов гамет образуется у женщины? Сколько типов гамет образуется у мужчины? Какова вероятность рождения в данной семье ребёнка с длинными ресницами (в %)? Сколько разных генотипов и сколько фенотипов может быть среди детей данной супружеской пары (назовите их)?

2. Ген, вызывающий сахарный диабет, рецессивен по отношению к гену нормального состояния. У здоровых супругов родился ребёнок с сахарным диабетом. 1) Сколько типов гамет может образоваться у отца? 2) Сколько типов гамет может образоваться у матери? 3) Какова вероятность рождения здорового ребёнка в данной семье? 4) Сколько разных генотипов может быть среди детей этой супружеской пары? 5) Какова вероятность, что второй ребёнок в этой семье тоже будет страдать сахарным диабетом?

Вопросы

1. Каких правил придерживался Г. Мендель при проведении своих опытов?
2. Почему для опытов Г. Менделя был удачным выбор гороха?
3. Какие гены называются аллельными?
4. Чем гомозиготный организм отличается от гетерозиготного?
5. В чём суть гибридологического метода?
6. Что такое моногибридное скрещивание?
7. Какой признак называется доминантным; рецессивным?

Задания

1. Объясните, в чём суть правила единообразия гибридов первого поколения. Проиллюстрируйте свой ответ схемой.
2. Сформулируйте правило расщепления. Нарисуйте схему скрещивания гибридов первого поколения.
3. Сформулируйте закон чистоты гамет.

§ 29. Неполное доминирование. Генотип и фенотип. Анализирующее скрещивание

1. Много ли генов в одной хромосоме?
2. Сколько хромосом в ядре клетки человека?

Не всегда признаки можно чётко разделить на доминантные и рецессивные. В этих случаях доминантный ген не до конца подавляет рецессивный ген из аллельной пары. При этом будут возникать промежуточные признаки, и признак у гомозиготных особей будет не таким, как у гетерозиготных. Это явление получило название *неполного доминирования.* Поясним его на примере.

При скрещивании растений ночной красавицы, имеющей пурпурные цветки (*AA*), с растением, имеющим белые цветки (*aa*), все растения первого поколения будут иметь промежуточную розовую окраску (рис. 57). Это не противоречит правилу единообразия гибридов первого поколения Г. Менделя: ведь действительно, в первом поколении все цветки розовые. При скрещивании двух особей ночной красавицы из первого поколения во втором поколении происходит расщепление, но не в соотношении 3 : 1, а в соотношении 1 : 2 : 1, т. е. один цветок белый (*aa*), два розовых (*Aa*) и один пурпурный (*AA*).

До сих пор мы рассматривали случай наследования одного признака, определяемого одним геном. Но любой организм имеет огромное количество признаков, причём это не только внешние, видимые особенности, но и признаки биохимические (строение молекул, активность

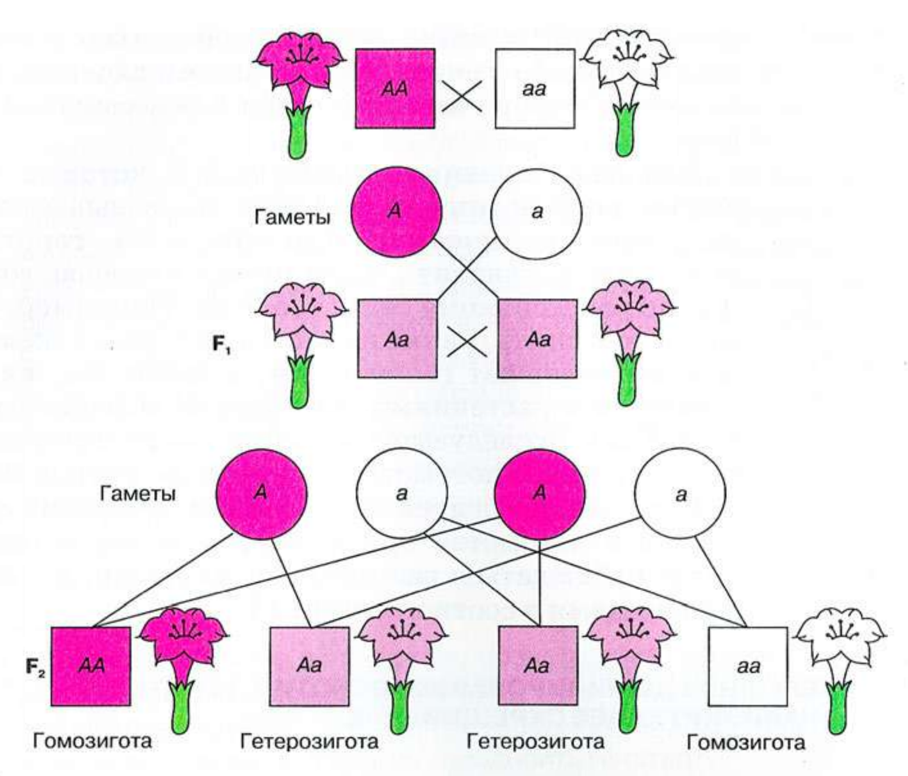


Рис. 57. Схема наследования признаков при неполном доминировании

ферментов, концентрация веществ в тканях крови и т. п.), анатомические (размеры и форма органов) и т. п. Любой признак, каким бы простым он ни казался, зависит от многочисленных физиологических и биохимических процессов, каждый из которых, в свою очередь, зависит от деятельности белков-ферментов.

Совокупность всех внешних и внутренних признаков и свойств организма называют *фенотипом*.

Совокупность всех генов какого-либо организма называют *генотипом*.

Фенотипические признаки, определяемые теми или иными генами, в различных условиях существования развиваются по-разному.

По фенотипу не всегда можно понять, какие гены содержит данная особь. Например, у растения гороха, имеющего жёлтые семена, генотип может быть и *AA*, и *Aa*. А вот

рецессивный признак проявляется только у гомозиготных растений с генотипом *aa*. Иными словами, мы всегда знаем, каков генотип у особи с рецессивным признаком.

Для установления генотипа особей, которые не различаются по фенотипу, используют так называемое *анализирующее скрещивание*. При этом особь, генотип которой нужно установить, скрещивают с особью, гомозиготной по рецессивному гену, т. е. с *aa*. Например, для того чтобы выяснить, какие из растений гороха с жёлтыми семенами содержат генотип *AA*, а какие *Aa*, их следует скрестить с растениями, имеющими зелёные горошины (*aa*). Если исследуемое растение имеет генотип *AA*, то всё полученное потомство будет иметь жёлтые семена.

Если же исследуемый организм гетерозиготен, т. е. *Aa*, то в потомстве при анализирующем скрещивании будут наблюдаться растения и с жёлтыми, и с зелёными горошинами в соотношении 1 : 1.

НЕПОЛНОЕ ДОМИНИРОВАНИЕ. ФЕНОТИП. ГЕНОТИП. АНАЛИЗИРУЮЩЕЕ СКРЕЩИВАНИЕ



Выполните практическую работу.

Решение задач на наследование признаков при неполном доминировании

1. Проанализируйте представленную в учебнике схему наследования признаков при неполном доминировании.
2. Решите задачи на наследование признаков при неполном доминировании.

1. У человека серповидноклеточная анемия наследуется как неполностью доминантный признак: у рецессивных гомозигот развивается сильная анемия, которая обычно заканчивается смертельным исходом, а у гетерозигот анемия проявляется в лёгкой форме. Малярийный плазмодий не может усваивать аномальный гемоглобин, в связи с этим люди, имеющие ген серповидноклеточной анемии, не болеют малярией. В семье у обоих супругов лёгкая форма анемии. 1) Сколько типов гамет продуцирует каждый супруг? 2) Сколько разных фенотипов может быть среди де-

тей этой пары? 3) Какова вероятность рождения в семье ребёнка с тяжёлой формой анемии (в %)? 4) Какова вероятность рождения ребёнка, устойчивого к малярии (в %)? 5) Какова вероятность рождения в семье ребёнка, неустойчивого к малярии (в %)?

2. От скрещивания сортов земляники с красными и белыми ягодами получились гибриды с розовыми ягодами, а во втором поколении (F_2) оказалось примерно 1000 растений с белыми ягодами, 2000 — с розовыми и 1000 — с красными. 1) Сколько типов гамет образует гибрид F_1? 2) Сколько разных генотипов среди гибридов F_2 с розовыми ягодами? 3) Сколько разных фенотипов получится от возвратного скрещивания гибрида F_1 с белоплодным сортом? 4) Сколько разных генотипов получится от скрещивания гибрида с F_1 белоплодным сортом? 5) Сколько разных фенотипов получится от скрещивания гибрида F_1 с красноплодным сортом?

Вопросы

1. Какое расщепление по фенотипу происходит во втором поколении при неполном доминировании?
2. Что такое фенотип?
3. Всегда ли по фенотипу можно определить генотип?
4. Исходно зная генотип, можно ли предсказать фенотип?
5. Зная фенотип, можно ли угадать генотип?

§ 30. Дигибридное скрещивание. Закон независимого наследования признаков

1. Могут ли два организма одного вида различаться только по одному признаку?

2. Что такое генотип и фенотип?

Все организмы одного вида обычно отличаются друг от друга по многим признакам.

Если две особи отличаются друг от друга по двум признакам, то скрещивание между ними называется *дигиб-*

ридным, если по трём — *тригибридным* и т. д. Скрещивание особей, различающихся по многим признакам, называется *полигибридным*.

Установив закономерности наследования одного признака, Г. Мендель исследовал характер расщепления при скрещивании двух чистых линий гороха, различающихся по двум признакам: цвету семян (жёлтые или зелёные) и форме семян (гладкие или морщинистые). При таком скрещивании признаки определяются различными парами генов: одна аллель отвечает за цвет семян, другая — за форму. Жёлтая окраска горошин (A) доминирует над зелёной (a), а гладкая форма (B) над морщинистой (b).

В первом поколении (F_1) все особи, как и должно быть по правилу единообразия гибридов первого поколения, имели жёлтые гладкие горошины. Для того чтобы понять, каким образом будут комбинироваться при скрещивании двух гибридов первого поколения все возможные виды гамет, американским генетиком Пеннетом была предложена так называемая *решётка Пеннета*, позволяющая наглядно представить все виды комбинаций генов в гаметах и результаты их слияния. Так как при дигибридном скрещивании образуются 4 вида гамет: AB, Ab, aB и ab, то количество видов зигот, которые могут возникнуть при случайном слиянии этих гамет, равно 4×4, т. е. 16. Именно столько клеток в решётке Пеннета (рис. 58). Из рисунка видно, что при этом скрещивании возникают следующие 9 видов генотипов: $AABB$, $AABb$, $AaBB$, $AaBb$, $AAbb$, $Aabb$, $aaBB$, $aaBb$ и $aabb$, так как в 16 сочетаниях есть повторения. Эти 9 генотипов проявляются в виде 4 фенотипов: жёлтые гладкие, жёлтые морщинистые, зелёные гладкие и зелёные морщинистые. Численное соотношение этих фенотипических вариантов таково:

9жг : 3жм : 3зг : 1зм.

Если же полученные Г. Менделем результаты рассмотреть отдельно по каждому из признаков (цвету и форме), то по каждому из них будет сохраняться соотношение 3 : 1, характерное для моногибридного скрещивания. Отсюда Г. Мендель заключил, что при дигибридном скрещивании гены и признаки, за которые эти гены отвечают, сочета-

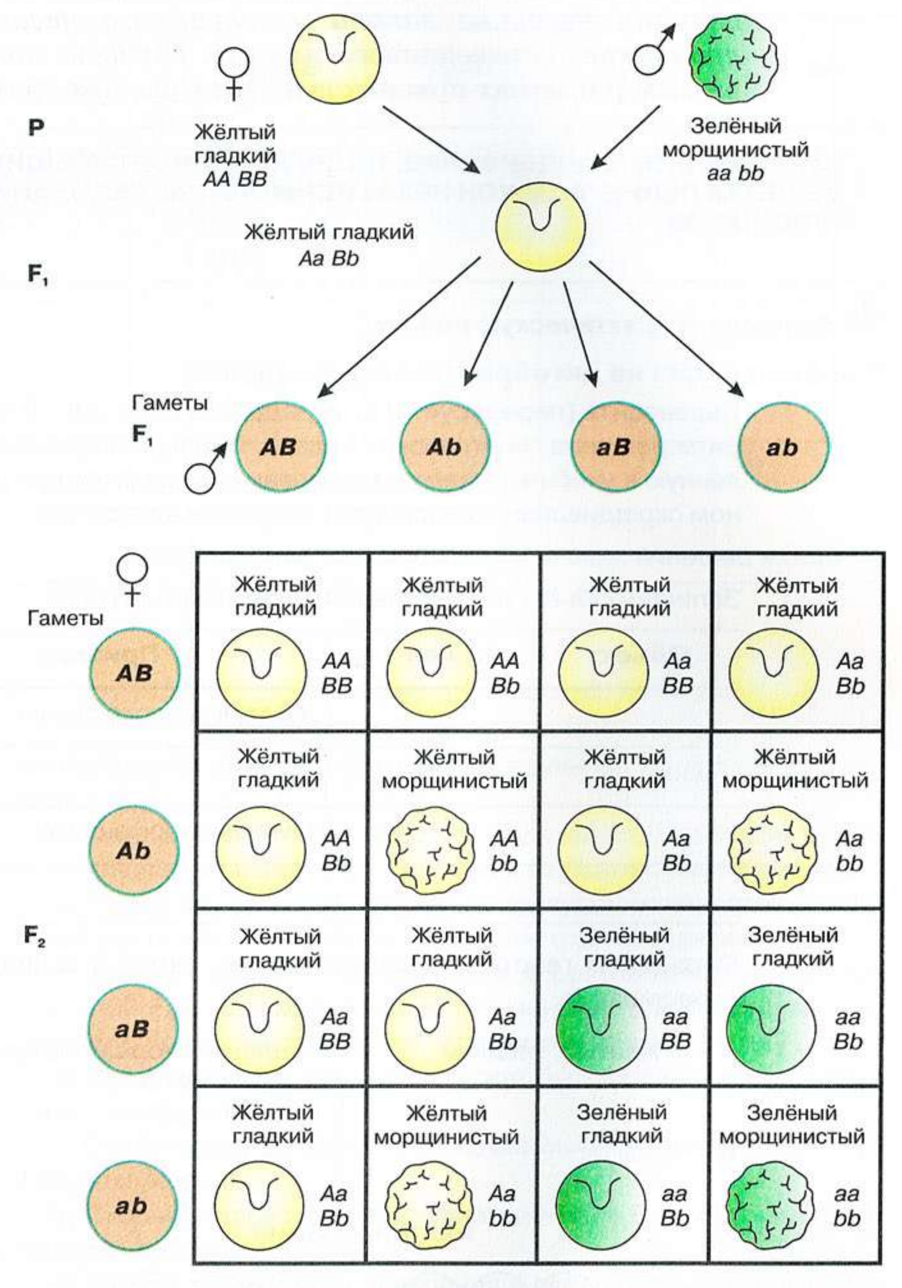


Рис. 58. Схема наследования признаков при дигибридном скрещивании

ются и наследуются независимо друг от друга. Этот вывод получил название *закона независимого наследования признаков*, справедливого для тех случаев, когда гены рассматриваемых признаков лежат в разных хромосомах.

ДИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ. ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ. РЕШЁТКА ПЕННЕТА. ЗАКОН НЕЗАВИСИМОГО НАСЛЕДОВАНИЯ ПРИЗНАКОВ

 ***Выполните практическую работу.***

Решение задач на дигибридное скрещивание

1. Перенесите (перерисуйте) в тетрадь представленный ниже алгоритм решения генетической задачи. Проанализируйте представленную в учебнике схему наследования признаков при дигибридном скрещивании и заполните пропуски в алгоритме.

Алгоритм решения задачи на дигибридное скрещивание

1. Запишем объект исследования и обозначение генов.

Объект	Ген	Признак
		Жёлтая окраска семян
Горох	*a*	...
	B	Гладкая форма семян

2. Определим генотипы родителей, типы гамет и запишем схему скрещивания.

P жёлтый, гладкий × зелёный морщинистый
... *aa bb*

G (*AB*) (...)

F_1 жёлтый, гладкий
Aa Bb

G (...) (...) (...) (...) (...) (...) (...) (...)

3. Составим решётку Пеннета F_2:.

AaBb \ AaBb	1/4 **AB**	1/4 **Ab**	1/4 **aB**	1/4 **ab**
1/4 *AB*	1/16 жёлтый гладкий *AABB*			

2. На основании анализа полученных результатов ответьте на вопросы.

1) Сколько типов гамет образует родительское растение с жёлтыми гладкими семенами; с зелёными морщинистыми семенами?

2) Какова вероятность появления в результате первого скрещивания растений F_1 с жёлтыми семенами; с зелёными семенами?

3) Какова вероятность появления в результате скрещивания растений F_1 с жёлтыми гладкими семенами; с жёлтыми морщинистыми; зелёными гладкими; зелёными морщинистыми?

4) Сколько разных генотипов может быть среди гибридов первого поколения?

5) Сколько разных фенотипов может быть среди гибридов первого поколения?

6) Сколько типов гамет образует растение F_1 с жёлтыми гладкими семенами?

7) Какова вероятность появления в результате самоопыления растений F_2 с жёлтыми семенами; с зелёными семенами?

8) Какова вероятность появления в результате скрещивания растений F_2 с жёлтыми гладкими семенами; с жёлтыми морщинистыми; с зелёными гладкими; с зелёными морщинистыми?

9) Сколько разных генотипов может быть среди гибридов второго поколения?

10) Сколько разных фенотипов может быть среди гибридов второго поколения?

3. Решите задачи на дигибридное скрещивание.

1. У человека праворукость доминирует над леворукостью, а карий цвет глаз — над голубым. В брак вступают кареглазый мужчина правша, мать которого была голубоглазой левшой, и голубоглазая женщина правша, отец которой был левшой. 1) Сколько разных фенотипов может быть у их детей? 2) Сколько разных генотипов может быть среди их детей? 3) Какова вероятность того, что у этой пары родится ребёнок левша (выразить в %)?

2. Чёрная окраска шерсти и висячее ухо у собак доминируют над коричневой окраской и стоячим ухом. Скрещивались чистопородные чёрные собаки с висячими ушами с собаками, имеющими коричневую окраску шерсти и стоячие уши. Гибриды скрещивались между собой. 1) Какая часть щенков F_2 фенотипически должна быть похожа на гибрид F_1? 2) Какая часть гибридов F_2 должна быть полностью гомозиготна? 3) Какая часть щенков F_2 должна быть с генотипом, подобным генотипу гибридов F_1?

3. Чёрная окраска у кошек доминирует над палевой, а короткая шерсть — над длинной. Скрещивались чистопородные персидские кошки (чёрные длинношёрстные) с сиамскими (палевые короткошёрстные). Полученные гибриды скрещивались между собой. Какова вероятность получения в F_2: а) чистопородного сиамского котёнка; б) котёнка, фенотипически похожего на персидского; в) длинношёрстного палевого котёнка (выразить в частях)?

Вопросы

1. Как вы думаете, часто ли в природе встречается моногибридное скрещивание?
2. Сколько видов гамет образуется у гибридов первого поколения при дигибридном скрещивании?

§ 31. Генетика пола. Сцепленное с полом наследование

1. Приведите примеры обоеполых животных.

2. Какие хромосомы называют половыми?

Подавляющее большинство животных представлено особями двух видов — мужского и женского, причём расщепление по признаку пола происходит в соотношении 1 : 1. Такое расщепление у потомства наблюдается в тех случаях, когда скрещиваются гетерозиготная (*Аа*) и гомозиготная (*аа*) родительские особи.

Г. Мендель предположил, что один из полов гетерозиготен, а второй — гомозиготен по гену, который определяет пол организма.

Это предположение было подтверждено в начале XX в., когда Т. Моргану и его сотрудникам удалось установить, что самцы и самки различаются по набору хромосом. Все хромосомы, кроме одной пары, у мужских и женских организмов одинаковы и называются *аутосомами*. Но в одной паре хромосомы у самцов и самок различны. Эти хромосомы получили название *половых*. Например, у самок дрозофилы в каждой клетке три пары аутосом и одна пара одинаковых половых, так называемых *X*-хромосом, а у самцов — те же три пары аутосом и две разные половые хромосомы — *X* и *Y* (рис. 59). При

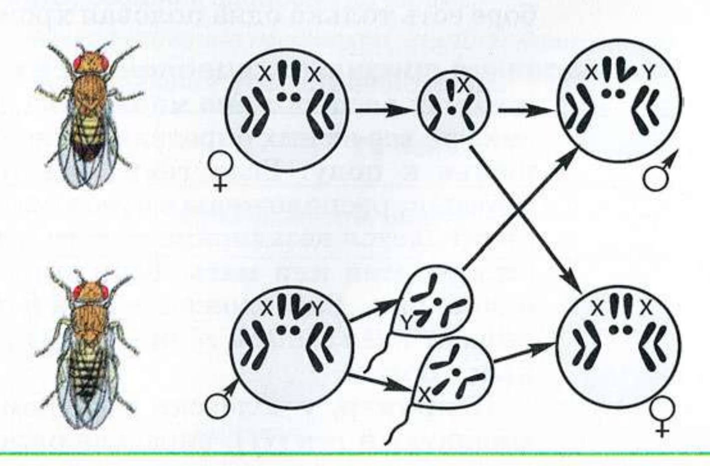


Рис. 59. Схема расщепления по признаку пола

формировании гамет во время мейоза у самок будет образовываться один вид гамет: 3 аутосомы + X половая хромосома. У самцов же будут в одинаковом количестве образовываться два вида гамет: 3 аутосомы + X половая хромосома или 3 аутосомы + Y половая хромосома.

Если при оплодотворении с яйцеклеткой сольётся сперматозоид с X-хромосомой, из зиготы разовьётся самка, а если с Y-хромосомой — то самец. Таким образом, пол будущей особи определяется во время оплодотворения и зависит от того, какой набор половых хромосом сформируется в этот момент.

Так как самки дрозофилы способны производить только один вид гамет (с X половой хромосомой), их называют *гомогаметным полом*. Самцы дрозофил производят два вида гамет (с X или Y половыми хромосомами), и их называют *гетерогаметным полом*. У многих млекопитающих (и у человека в том числе), червей, ракообразных, многих земноводных, рыб и большинства насекомых женский пол также является гомогаметным (XX), а мужской — гетерогаметным (XY). У женщин в каждой клетке 22 пары аутосом и две X половые хромосомы, а у мужчин те же 22 пары аутосом, а также X и Y половые хромосомы. Однако у многих видов хромосомное определение пола выглядит иначе. У птиц, рептилий и некоторых рыб гомогаметны самцы (XX), а гетерогаметны самки (XY). У некоторых насекомых (пчёлы, кузнечики) самки гомогаметны (XX), а у самцов в хромосомном наборе есть только одна половая хромосома ($X0$).

Наследование признаков, сцепленных с полом. В половых хромосомах расположено множество различных генов, и далеко не все из них определяют признаки, имеющие отношение к полу. Если гены, ответственные за какой-то признак, расположены в аутосомах, то наследование осуществляется независимо от того, кто является носителем гена — отец или мать. Ведь аутосомы у самца и самки одинаковы. Расположение гена в половой хромосоме называют *сцеплением гена с полом*, а сам ген — сцепленным с полом.

Например, у человека в X-хромосоме расположен доминантный ген (H), определяющий нормальное свёрты-

вание крови. Рецессивный вариант этого гена (h) приводит к снижению свёртываемости крови, называемому гемофилией. Y-Хромосома не имеет аллельной к этому гену пары, и признак (несвёртывание крови) проявляется у мужчин даже несмотря на то, что ген h рецессивен.

Таким же образом наследуется дальтонизм — неспособность различать красный и зелёный цвета.

АУТОСОМЫ. ПОЛОВЫЕ ХРОМОСОМЫ. ГОМОГАМЕТНЫЙ И ГЕТЕРОГАМЕТНЫЙ ПОЛ. СЦЕПЛЕНИЕ ГЕНА С ПОЛОМ

 ***Выполните практическую работу.***

Решение задач на наследование признаков, сцепленных с полом

1. Перенесите в тетрадь представленный ниже алгоритм решения генетической задачи. Прочитайте условия задачи на наследование признаков, сцепленных с полом, и заполните пропуски в алгоритме.

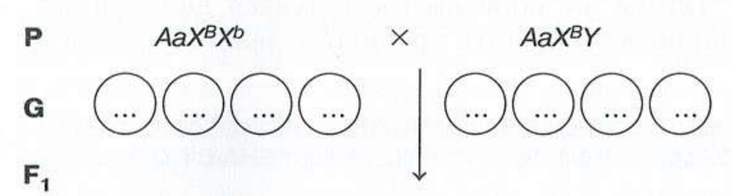
   У человека ген, вызывающий гемофилию, рецессивен и находится в X-хромосоме, а альбинизм обусловлен аутосомным рецессивным геном. У родителей, нормальных по этим признакам, родился сын альбинос и гемофилик. Какова вероятность того, что у их следующего сына проявятся эти два аномальных признака? Какова вероятность рождения здоровых дочерей?

Алгоритм решения задачи на наследование признаков, сцепленных с полом

1. Запишем объект исследования и обозначение генов.

Объект	Ген	Признак
Человек	...	Нормальная пигментация
	a	...
	...	...
	X^b	Гемофилия

2. По условию задачи генотип сына aaX^bY. Следовательно, по первому признаку родители должны быть гетерозиготными, так как сын получает свою X-хромосому от матери, значит, она гетерозиготна и по второму признаку. Запишем схему скрещивания (брака) и составим решётку Пеннета.



AaX^BY \ AaX^BX^b				
			$^1/_{16}\ aaX^BY$	

3. Запишем ответ. Вероятность проявления признаков альбиноса и гемофилика (генотип ________) у следующего сына ______; вероятность рождения здоровых дочерей (генотип) _______.

2. Решите задачи на наследование признаков, сцепленных с полом.

1. У человека отсутствие потовых желёз зависит от рецессивного сцепленного с полом гена. В семье отец и сын имеют эту аномалию, а мать здорова. 1) Какова вероятность, что сын унаследует вышеуказанный признак от отца? 2) Какова вероятность рождения в этой семье дочери с отсутствием потовых желёз (в %)?

2. У кошек гены рыжего и чёрного цвета аллельны и локализованы в X-хромосоме. Они передаются независимо, в связи с чем гетерозиготы имеют пёструю (трёхцветную) окраску. 1) Какое

количество разных фенотипов можно получить при скрещивании трёхшёрстной кошки с чёрным котом? 2) Какова вероятность появления трёхцветного кота (в %)?

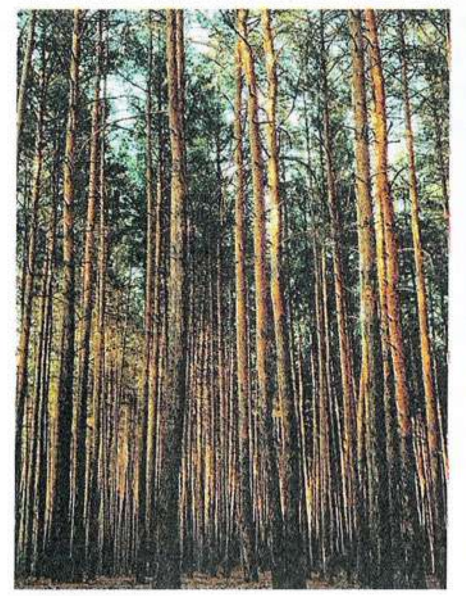
Вопросы

1. Сколько половых хромосом в соматических клетках человека; кошки; верблюда?
2. Какое количество половых хромосом содержится в яйцеклетке; в сперматозоиде?
3. От чего зависит пол ребёнка у человека: от хромосом яйцеклетки или хромосом сперматозоидов?
4. Сколько аутосом у дрозофилы; у человека?
5. Какие признаки называются сцепленными с полом?

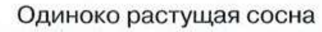
§ 32. Закономерности изменчивости: модификационная изменчивость. Норма реакции

1. Что называется наследственностью?
2. Что такое изменчивость?

Одним из свойств живых организмов является их *изменчивость*. Если вегетативным путём (например, размножая черенками стебли) получить несколько кустов смородины из одного куста, то, естественно, генотип всех новых кустов будет одинаковым. Однако фенотипы этих кустов могут сильно отличаться друг от друга — по размерам и количеству ветвей, листьев, урожайности и т. д. Эти различия по целому ряду признаков у растений с одинаковым генотипом связаны с тем, что проявление действия отдельных генов и всего генотипа организма зависит от условий внешней среды. Например, освещённость для одного из этих кустов оказалась большей, чем для других. Или почва под одним из них лучше удобрена, или один из кустов получает больше влаги и т. д. Та-



Сосны в лесу



Одиноко растущая сосна



Белка летом



Белка зимой

Рис. 60. Модификационная изменчивость

кие изменения организма, которые не затрагивают его генов и потому не передаются из поколения в поколение, называются *модификациями*, а эта изменчивость — *модификационной*.

Чаще всего модификациям подвержены количественные признаки: рост, вес, плодовитость и т. п. (рис. 60).

Для различных признаков и свойств организмов характерна большая или меньшая зависимость от условий внешней среды. Например, у человека цвет радужки и группа крови определяются только генами, и условия жизни на эти признаки влиять никак не могут. А вот рост, вес, физическая сила и выносливость сильно зависят от внешних условий, например от количества и качества питания, физической нагрузки и др. Пределы модификационной изменчивости какого-либо признака называют *нормой реакции*. Изменчивость признака иногда бывает очень большой, но она никогда не может выходить за пределы нормы реакции. Например, человек может пробежать 100 м за 11 с, 10 с, 9 с, а вот за 5 с не сможет никогда. У одних признаков норма реакции очень широка (например, настриг шерсти с овец, вес быков, молочность коров), а другие признаки характеризуются узкой нормой реакции (например, окраска шерсти у кроликов).

Из сказанного следует очень важный вывод. Наследуется не сам признак, а способность проявлять этот признак в определённых условиях, или можно сказать, что наследуется норма реакции организма на внешние условия.

Итак, можно перечислить следующие основные характеристики модификационной изменчивости.

1. Модификационные изменения не передаются из поколения в поколение.

2. Модификационные изменения проявляются у многих особей вида и зависят от действия на них условий среды.

3. Модификационные изменения возможны только в пределах нормы реакции, т. е. в конечном счёте они определяются генотипом.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ. МОДИФИКАЦИИ. МОДИФИКАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ. НОРМА РЕАКЦИИ

 ***Выполните лабораторную работу.***

Выявление изменчивости организмов

Цель работы: выявить проявления модификационной изменчивости у организмов.

Ход работы

1. Рассмотрите предложенные вам объекты.
2. Изучите внешний вид (фенотип) каждого объекта (отметьте различия в размерах, форме, окраске и т. д.).
3. Результаты внесите в таблицу.

Объекты	**Отмеченные различия**

4. Сделайте вывод.

Вопросы

1. Какие типы изменчивости присущи организмам?
2. Какая изменчивость называется модификационной? Приведите примеры.
3. Какие признаки организма подвержены модификациям, а какие нет?
4. Что такое норма реакции?
5. Каковы основные причины модификационной изменчивости организмов?
6. Каковы основные характеристики модификационной изменчивости?

Задания

Подумайте, какой организм лучше приспособлен к условиям существования — с широкой или узкой нормой реакции. Своё предположение подтвердите конкретными примерами.

§ 33. Закономерности изменчивости: мутационная изменчивость

1. Наследуются ли модификации?
2. Что такое генотип и фенотип?

Мутационная изменчивость. Итак, модификационные изменения не наследуются. Основная причина возникновения новых признаков и свойств у живых организмов — это проявление мутаций — *мутационная изменчивость*. *Мутации* — это изменения генотипа, происходящие под влиянием факторов внешней или внутренней среды (рис. 61).

Мутации. Впервые термин «мутация» был предложен в 1901 г. голландским учёным Гуго де Фризом, описавшим самопроизвольные мутации у растений. Мутации появляются редко, но приводят к внезапным скачкообразным изменениям признаков, которые передаются из поколения в поколение.

Мутации могут затрагивать генотип в различной степени, и поэтому их делят на генные, хромосомные и геномные.

Генные, или *точечные*, *мутации* встречаются наиболее часто. Они возникают при замене одного или нескольких нуклеотидов в пределах одного гена на другие. В результате в деятельности гена происходят изменения, синтезируется белок с изменённой последовательностью аминокислот и, следовательно, с изменёнными свойствами, а в итоге

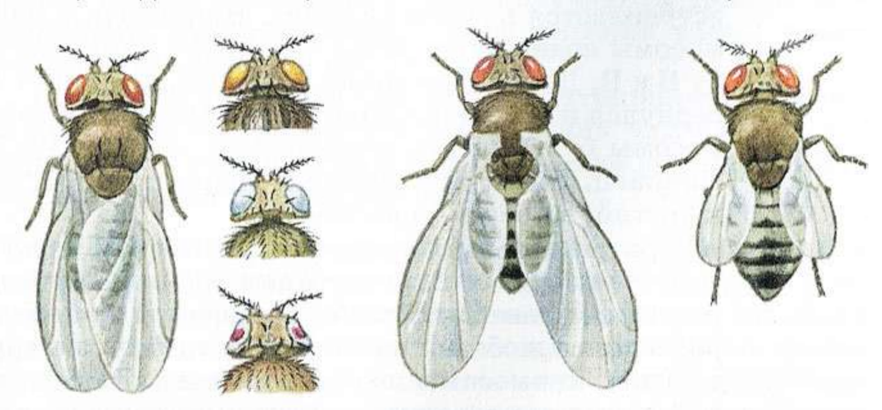


Рис. 61. Мутации у плодовой мушки-дрозофилы

какой-то признак организма будет изменён или утрачен. Например, благодаря генным мутациям бактерии могут приобрести устойчивость к антибиотикам или другим лекарствам, изменить форму тела, цвет колоний и т. д.

Хромосомными мутациями называются значительные изменения в структуре хромосом, затрагивающие несколько генов. Например, может возникать так называемая *утрата*, когда отрывается концевая часть хромосомы и происходит потеря части генов. Такая хромосомная мутация в 21-й хромосоме у человека приводит к развитию острого лейкоза — белокровия, приводящего к смерти. Иногда из хромосомы «выстригается» и разрушается средняя её часть. Такая хромосомная мутация называется *делеция*. Последствия делеции могут быть различными: от смерти или тяжёлого наследственного заболевания (если потеряна та часть хромосомы, которая содержала важные гены) до отсутствия каких-либо нарушений (если утеряна та часть ДНК, в которой нет генов, определяющих свойства организма).

Ещё один вид хромосомных мутаций — удвоение какого-нибудь её участка. При этом часть генов будет встречаться в хромосоме несколько раз. Например, у дрозофилы в одной из хромосом нашли восьмикратно повторяющийся ген. Такой вид мутаций — *дупликация* — менее опасен для организма, чем утрата или делеция.

При *инверсии* хромосома разрывается в двух местах, и получившийся фрагмент, повернувшись на 180°, снова встраивается в место разрыва. Например, в участке хромосомы содержатся гены А—Б—В—Г—Д—Е—Ж. Между Б и В, Д и Е произошли разрывы, фрагмент ВГД перевернулся и встроился в разрыв. В результате участок хромосомы будет иметь структуру А—Б—Д—Г—В—Е—Ж. Наконец, возможен перенос участка одной хромосомы к другой, ей негомологичной.

При *геномной мутации* меняется количество хромосом. Чаще всего такие мутации возникают, если при образовании гамет в мейозе хромосомы какой-либо пары расходятся и обе попадают в одну гамету, а в другой гамете одной хромосомы не будет хватать. Как наличие лишней хромосомы, так и отсутствие её чаще всего приводят к неблагоприятным изменениям в фенотипе. Например,

при нерасхождении хромосом у женщин могут образовываться яйцеклетки, содержащие две 21-е хромосомы. Если такая яйцеклетка будет оплодотворена, то на свет появится ребёнок с *синдромом Дауна.* Эти дети имеют очень характерную внешность, патологию внутренних органов, тяжёлые умственные расстройства. К сожалению, дети с синдромом Дауна рождаются довольно часто.

Частным случаем геномных мутаций является *полиплоидия*, т. е. кратное увеличение числа хромосом в клетках в результате нарушения их расхождения в митозе или мейозе. Соматические клетки таких организмов содержат $3n$, $4n$, $8n$ и т. п. хромосом в зависимости от того, сколько хромосом было в гаметах, образовавших этот организм. Полиплоидия часто встречается у бактерий и растений, но очень редко — у животных. Многие виды культурных растений — *полиплоиды* (рис. 62). Так, полиплоидны три четверти всех культивируемых человеком злаков. Если гаплоидный набор хромосом (n) для пшеницы равен 7, то основной сорт, разводимый в наших условиях, — мягкая пшеница — имеет по 42 хромосомы, т. е. $6n$. Полиплоидами являются окультуренная свёкла, гречиха и т. п. Как правило, растения-полиплоиды имеют повышенные жизнеспособность, размеры, плодовитость и т. п. В настоящее время разработаны специальные методы получения полиплоидов. Например, растительный яд из безвременника осеннего — колхицин — способен разрушать веретено деления при образовании гамет, в результате чего получаются гаметы, содержащие по $2n$ хромосом. При слиянии таких гамет в зиготе окажется $4n$ хромосом.

Подавляющее число мутаций неблагоприятны или даже смертельны для организма, так как они разрушают отрегулированный на протяжении миллионов лет естественного отбора целостный генотип.

Причины мутаций. Способностью к мутированию обладают все живые организмы. У каждой конкретной мутации есть какая-то причина, хотя в большинстве случаев мы её не знаем. Однако общее количество мутаций можно резко увеличить, используя различные способы воздействия на организм. Факторы, вызывающие мутации, получили название *мутагенных*.

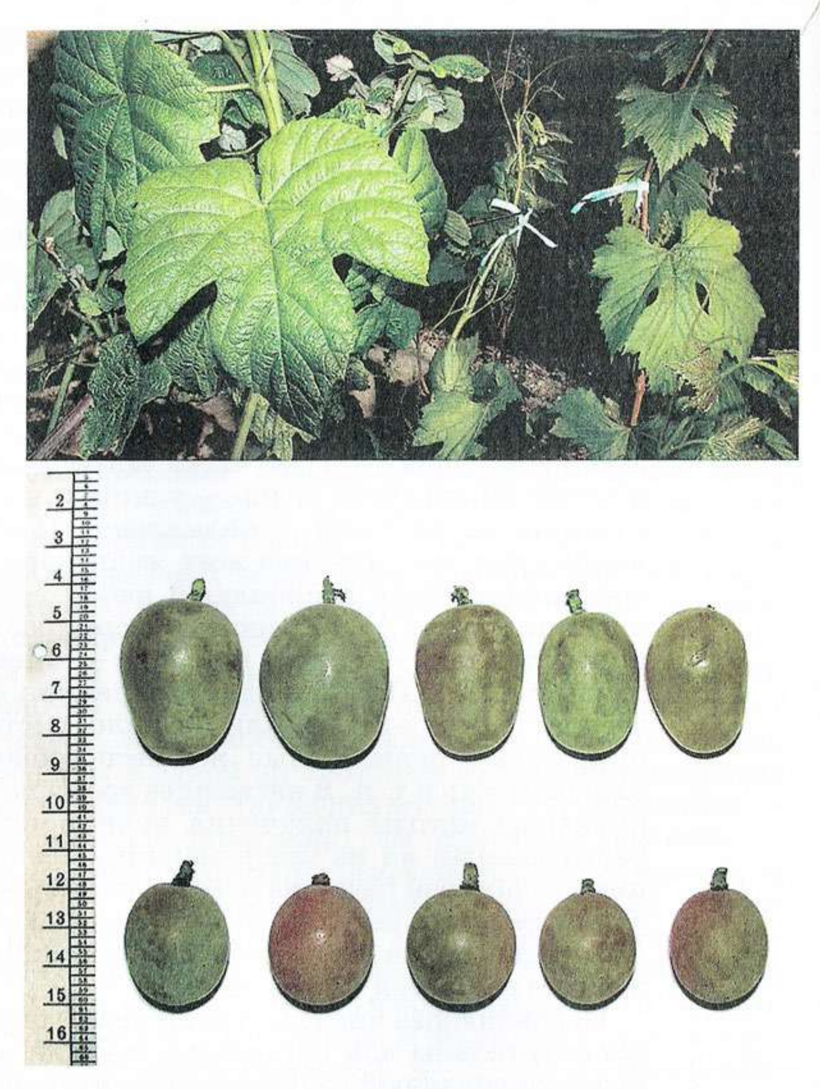


Рис. 62. Проявление полиплоидии у винограда

Во-первых, сильнейшим мутагенным действием обладает ионизирующее излучение. Радиация увеличивает число мутаций в сотни раз.

Во-вторых, мутации вызывают *мутагенные вещества*, которые действуют, например, на ДНК, разрывая цепочку нуклеотидов. Есть вещества, действующие и на другие молекулы, но также дающие мутации. Выше уже

упоминался *колхицин*, приводящий к одному из видов мутаций — полиплоидии.

В-третьих, к мутациям приводят и различные физические воздействия, например повышение температуры окружающей среды.

Из сказанного становится ясным, как важно, чтобы в жизни нас окружало как можно меньше факторов, вызывающих мутации. И уж совсем неразумно губить своих будущих детей, употребляя сильные мутагены. Например, токсикоманы для кратковременной потери чувства реальности принимают вещества, наносящие непоправимый ущерб множеству клеток организма, в том числе и тем первичным половым клеткам, из которых затем должны развиться яйцеклетки или сперматозоиды.

Таким образом, мутационная изменчивость имеет следующие основные характеристики.

1. Мутационные изменения возникают внезапно, и в результате у организма появляются новые свойства.

2. Мутации наследуются и передаются из поколения в поколение.

3. Мутации не имеют направленного характера, т. е. нельзя с достоверностью предсказать, какой именно ген мутирует под действием мутагенного фактора.

4. Мутации могут быть полезными или вредными для организма, доминантными или рецессивными.

ГЕННЫЕ, ХРОМОСОМНЫЕ И ГЕНОМНЫЕ МУТАЦИИ. УТРАТА. ДЕЛЕЦИЯ. ДУПЛИКАЦИЯ. ИНВЕРСИЯ. СИНДРОМ ДАУНА. ПОЛИПЛОИДИЯ. КОЛХИЦИН. МУТАГЕННЫЕ ВЕЩЕСТВА

Вопросы

1. В чём основные различия между модицикациями и мутациями?
2. Какие виды мутаций вы знаете?
3. Чем можно искусственно увеличить число мутаций?
4. Какие мутации встречаются чаще — полезные или вредные?

Задания

Подумайте, в чём может заключаться практическое значение исследования причин мутаций. Обсудите эту проблему в классе.

§ 34. Основные методы селекции растений, животных и микроорганизмов

1. **Для чего ведутся селекционные работы?**
2. **Приведите примеры пород животных, выведенных человеком.**
3. **Приведите примеры сортов растений, полученных человеком.**

Селекция — наука о методах создания новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов с нужными человеку признаками. Теоретические основы селекции закладывает современная генетика. Селекция — одна из важнейших областей практического использования закономерностей, исследуемых генетиками. В результате селекционной работы «разрабатываются» новые формы бактерий, растений, грибов, животных, обла-



ЗАСТАВА

Рис. 63. Породы домашних кур

дающие наследственно закреплёнными особенностями, резко отличающими их от исходных диких видов. Очень часто у культурных растений и домашних животных отдельные признаки усилены настолько, что их жизнь в природных условиях, т. е. без постоянной помощи человека, делается невозможной. Так, например, не смогут выжить без человека декоративные породы собак и голубей, породы домашних свиней и кур, большинство сортов растений, употребляемых нами в пищу, и т. д. Но зато количество пищи, которое дают человеку искусственно разводимые животные и растения, во много раз больше, чем могли бы дать их дикие предки (рис. 63). Пионером разработки научных основ селекционной работы в нашей стране был *Н. И. Вавилов* (рис. 64) и его ученики. Н. И. Вавилов считал, что в основе селекции лежит правильный выбор для работы исходных особей, их генетическое разнообразие и влияние окружающей среды на проявление наследственных признаков при гибридизации этих особей.



Рис. 64. Николай Иванович Вавилов (1887—1943)

Основными методами селекции любых организмов являются гибридизация и отбор.

Гибридизация — это процесс скрещивания родительских особей и получение от них гибридов. В результате отбора среди этих гибридов находят особи с интересующими человека признаками.

В зависимости от способа размножения вида отбор может быть массовым или индивидуальным.

При *массовом отборе* из потомства берут растения или животных с нужными признаками и снова скрещивают их между собой, получая гибриды второго поколения. Среди них опять производят массовый отбор особей с нужными признаками и т. д. Массовый отбор обычно

применяют для перекрёстноопыляемых растений и для животных. Так, например, были получены новые сорта ржи.

При *индивидуальном отборе* выбирают отдельную особь с интересующим человека признаком и получают от неё потомство. Такой метод, естественно, не может применяться при селекции животных, которые размножаются половым путём. Чаще всего методом индивидуального отбора создаются новые сорта самоопыляющихся растений, когда в размножении участвует только одна особь пшеницы, овса, ячменя. Потомство одной самоопыляющейся особи представляет собой *чистую линию*, которая благодаря самоопылению будет состоять из гомозиготных организмов. Если какое-то растение хорошо размножается вегетативным путём (черенком, отводком, прививками), то гетерозиготные особи можно сохранять очень долго. При половом размножении сортов, отличающихся высокой степенью гетерозиготности, ценные свойства сорта не сохраняются, и происходит их расщепление.

Так как у большинства сельскохозяйственных животных потомства бывает мало, то иногда для повышения его гомозиготности приходится производить *близкородственное скрещивание*, например скрещивать быка и корову, приходящихся друг другу братом и сестрой. Такое скрещивание в какой-то степени сходно с самоопылением у растений. При близкородственном скрещивании часто появляется потомство с усиленным признаком, по которому вёлся отбор, но при этом другие признаки могут резко ухудшиться. Например, может быть снижен иммунитет к заболеваниям и т. п. Такие неблагоприятные последствия близкородственного скрещивания называют *депрессией*. Депрессия у потомства возможна и в тех случаях, когда самоопыляют перекрёстноопыляемое растение.

При скрещивании между собой разных сортов растений или пород животных одного вида первое гибридное поколение отличается крупными размерами, повышенной устойчивостью и плодовитостью. Это явление получило название *гетерозиса*. К сожалению, при скрещи-




Рис. 65. Гетерозис. Бройлерный цыплёнок (*А*), обычный цыплёнок (*Б*)

вании гетерозисных растений или животных между собой следующие поколения такими выдающимися качествами не обладают, т. е. гетерозис быстро затухает (рис. 65).

Ещё одним важным методом селекции является получение межвидовых гибридов, сочетающих в себе ценные свойства родительских видов. *Межвидовая гибридизация* затрудняется тем, что такие гибриды не могут размножаться половым путём. Ведь во время мейоза хромосомы должны сойтись гомологичными парами и конъюгировать между собой. А у особей, даже близких, но всё-таки разных видов и число хромосом, и их форма отличаются друг от друга, и нормальная конъюгация невозможна. Один из способов преодолеть бесплодие межвидовых гибридов разработал замечательный отечественный генетик Г. Д. Карпеченко, работая с гибридом редьки и капусты. И у редьки, и у капусты гаплоидный набор равен 9 хромосомам. Гибрид имел 18 хромосом в каждой клетке (по 9 от капусты и от редьки) и был бесплодным, поскольку «капустные» и «редечные» хромосомы между собой конъюгировать в мейозе не могли. Тогда Г. Д. Карпеченко сумел получить полиплоид гибрида, который содержал в своих клетках по 36 хромосом: 18 «капустных» и 18 «редечных». Теперь в мейозе 9 «капустных» хромосом стали конъюгировать с 9 гомологичными «капустными» хромосомами, а 9 «редечных» —

с 9 «редечными». В каждой гамете получалось по гаплоидному набору «редечных» и «капустных» хромосом (9 + 9 = 18), а при оплодотворении возникал межвидовой полиплоидный гибрид с 36 хромосомами в клетках. Таким образом, Г. Д. Карпеченко преодолел бесплодие межвидовых гибридов у растений.

Межвидовую гибридизацию применяют и в животноводстве. Например, с древности люди используют мула. Мул — гибрид кобылицы с ослом. Мулы бесплодны, но очень сильны, выносливы, долго живут, обладают спокойным нравом. При помощи межвидовой гибридизации получен также гибрид пшеницы и ржи, названный тритикале. Тритикале даёт много зерна и кормовой зелёной массы.

Многие культурные растения полиплоидны, т. е. их хромосомный набор увеличен кратно n и в клетках содержатся $3n$, $4n$ хромосом и т. д. Полиплоидные растения легче переносят засуху и колебания температуры, отличаются крупными размерами. Так, большинство растений, способных выжить в северных широтах или в высокогорье, являются полиплоидами. Однако у животных полиплоидия невозможна.

Важным способом получения новых сортов является *искусственный мутагенез*, когда, подвергая растения действию проникающего излучения и химических веществ, вызывающих мутации, пытаются получить организмы с новыми полезными свойствами. Таким путём были получены новые высокоурожайные сорта ячменя и пшеницы. Кроме того, при помощи искусственного мутагенеза выведены новые штаммы бактерий и разновидности грибов, выделяющие витамины, пищевые аминокислоты, антибиотики и т. п.

С каждым годом бактерии и одноклеточные эукариоты всё больше и больше применяются в различных отраслях промышленности. Многие процессы производства пищевых продуктов, витаминов, лекарств основаны на деятельности микроорганизмов и грибов. Процессы получения необходимых человеку веществ с помощью живых клеток называют *биотехнологией*. Бактерии применяют для производства витаминов группы В, пи-

щевых и кормовых белков, аминокислот, которых недостаёт в пище. Плесневые грибы выделяют несколько видов веществ, убивающих микробы. Общее название таких веществ — *антибиотики*. Микробы помогают выделять при переработке руды ценные металлы — золото, серебро, медь. Многие бактерии и грибы используются в сельском хозяйстве для борьбы с различными вредителями. Например, бактерия так называемого гнилокровия применяется для борьбы с вредителем леса — непарным шелкопрядом.

Для получения новых штаммов микроорганизмов применяют различные мутагены. Бактерии очень быстро размножаются бесполым путём, и задача учёных состоит в том, чтобы отбирать микроорганизмы с полезными для человека свойствами.

СЕЛЕКЦИЯ. ГИБРИДИЗАЦИЯ. МАССОВЫЙ ОТБОР. ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ОТБОР. ЧИСТЫЕ ЛИНИИ. БЛИЗКОРОДСТВЕННОЕ СКРЕЩИВАНИЕ. ГЕТЕРОЗИС. МЕЖВИДОВАЯ ГИБРИДИЗАЦИЯ. ИСКУССТВЕННЫЙ МУТАГЕНЕЗ. БИОТЕХНОЛОГИЯ. АНТИБИОТИКИ

Вопросы

1. Почему теоретической основой селекции является генетика?
2. Перечислите методы селекционной работы.
3. Чем массовый отбор отличается от индивидуального?
4. Что такое гетерозис?

Задания

Подготовьтесь к уроку-семинару «Селекция на службе человека».

Темы сообщений

1. «Селекция — наука о методах создания новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов. Методы селекционной науки».
2. «Генетика — теоретическая основа селекции».
3. «Вклад и достижения отечественных учёных (Н. И. Вавилова, Г. Д. Карпеченко, И. В. Мичурина и др.) в развитии селекции».

Вопросы для обсуждения на семинаре

1. Почему выведение новых и улучшение существующих пород и сортов — важное государственное дело, имеющее большое экономическое и народнохозяйственное значение?

2. Почему считают, что именно селекция должна стать наиболее эффективным средством обеспечения устойчивых урожаев и высокой продуктивности сельскохозяйственных растений и животных?

3. Почему исходный материал местного происхождения представляет большую ценность для селекционной работы?

4. Каково значение районирования сельскохозяйственных культур в условиях нашей страны?

Краткое содержание главы

Единица жизни — клетка. Встречаются как одноклеточные, так и многоклеточные живые организмы.

Любой организм — одноклеточный или многоклеточный — представляет собой сложную самостоятельную саморегулирующуюся живую систему. Он обменивается веществом и энергией с окружающей средой, способен к размножению. Многоклеточность дала живым организмам ряд преимуществ, главное из которых — дополнительная возможность выжить в неблагоприятных условиях. Если разрушить наружную мембрану амёбы, животное неминуемо погибнет, а вот разрушение одной или даже многих клеток у гидры не приведёт к её гибели. Многоклеточный организм можно сравнить с подводной лодкой, разделённой на многие отсеки. У каждого отсека есть свои особенности, но разрушение одного отсека не приведёт к гибели подводного корабля.

У каждой клетки в организме есть свои задачи: одни клетки отвечают за движение организма, другие — за размножение, третьи — за оборону от врагов и захват пищи и т. д. Конечно, большое количество клеток многоклеточного организма справится с трудностями лучше, чем одна-единственная клетка бактерии или простейшего.

Все живые организмы размножаются. Размножение может быть бесполым и половым. Формы бесполого размножения: почкование, деление тела, образование спор, вегетативное размножение.

Половые клетки называются гаметами. Гаметы формируются в половых железах: сперматозоиды в семенниках, а яйцеклетки — в яичниках. Гаметы, образующиеся в результате мейоза, содержат гаплоидный (n) набор хромосом.

Оплодотворённая клетка — зигота. Оплодотворение может быть наружным (вне организма) и внутренним (в организме самки).

У покрытосеменных растений двойное оплодотворение.

Индивидуальное развитие организма называется онтогенезом.

Закон зародышевого сходства: в пределах типа эмбрионы обнаруживают известное сходство.

Биогенетический закон: индивидуальное развитие особи (онтогенез) до определённой степени повторяет историческое развитие (филогенез) вида, к которому относится эта особь.

Генетика — это наука, изучающая наследственность и изменчивость живых организмов. Наследственность — это свойство всех живых организмов передавать свои признаки и свойства из поколения в поколение. Изменчивость — это свойство всех живых организмов приобретать в процессе развития новые признаки по сравнению с другими особями вида.

Элементарная единица наследственности — ген — является частью молекулы ДНК. Гены, ответственные за один и тот же признак, называются аллельными. Место расположения гена в хромосоме называется локусом. Если в клетках содержатся два одинаковых гена какого-либо признака, этот организм гомозиготен по этому признаку, а если гены разные, — гетерозиготен.

Совокупность всех генов организма — генотип. Совокупность всех признаков — фенотип. Тот из двух аллельных генов, который проявляется в фенотипе у гетерози-

гот, называется доминантным, а непроявляющийся — рецессивным.

Г. Мендель, используя гибридологический метод, установил основные законы наследственности: правило единообразия гибридов первого поколения, правило расщепления, закон чистоты гамет, правило независимого наследования признаков.

Если доминантный ген не до конца подавляет рецессивный, наблюдается неполное доминирование. Для установления генотипа особей, не различающихся по фенотипу, их скрещивают с рецессивной гомозиготной особью — это анализирующее скрещивание.

Половые хромосомы — это те хромосомы, которые различаются у самцов и самок.

Изменения организма, не затрагивающие генотипа и не передающиеся из поколения в поколение, — модификационная изменчивость. Пределы модификационной изменчивости — норма реакции. Наследуется не сам признак, а способность проявить этот признак в определённых условиях.

Изменения генотипа — мутации. Мутации бывают генные, хромосомные, геномные. Причины мутаций кроются во внешней среде и могут быть вызваны облучением, химическими и физическими воздействиями.

Селекция — наука о методах создания новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов. Теоретической основой селекции является генетика. Основы научных методов селекции в нашей стране заложил Н. И. Вавилов. Основные методы селекционной работы — гибридизация и отбор.



Глава 4

Популяционно-видовой уровень

С этой главы мы начинаем изучать особенности существования жизни на уровнях, которые могут быть названы *надорганизменными*. Начнём с популяционно-видового уровня, который организуется тогда, когда совокупность организмов одного и того же вида на длительный срок объединяется общим местообитанием. В этой системе осуществляются элементарные эволюционные изменения, возникающие, прежде всего, в ответ на воздействие внешних факторов окружающей среды.

Из этой главы вы узнаете

- что такое биологический вид и каковы его критерии;
- что называют популяцией;
- почему важно изучать демографические характеристики популяций и что это такое;
- каковы главные движущие силы эволюции;
- как полезные изменения закрепляются в популяции под действием естественного отбора;
- как работают механизмы видообразования;
- что такое макро- и микроэволюция.

§ 35. Популяционно-видовой уровень: общая характеристика

1. Что изучает наука систематика?
2. Какие систематические категории вам известны? Приведите примеры из курсов зоологии и ботаники.

Понятие о виде. Мир живых существ состоит из огромного количества отличных друг от друга растений, животных, грибов, микроорганизмов. Все они должны добывать себе пищу, завоёвывать жизненное пространство, размножаться. В процессе решения этих проблем живые организмы смогли образовать множество различных форм, каждая из которых приспособилась к жизни при определённых условиях окружающей среды.

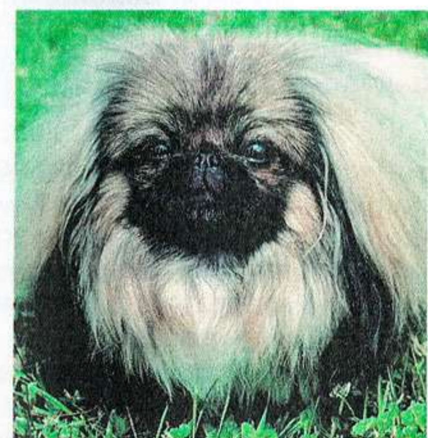
Люди давно обратили внимание на различия между окружавшими их животными и растениями и пытались их систематизировать. В древние времена при классификации организмов использовались не биологические принципы, основанные на возможности проследить естественные связи между организмами, а совершенно другие подходы. Животных, например, делили на полезных, вредных и безразличных для человека. Растения — на дающих плоды, волокно или древесину. На сегодняшний день, как вам уже известно, элементарной единицей систематики является вид.

Видом называют совокупность организмов, характеризующихся общностью происхождения, обладающих наследственным сходством всех признаков и свойств и способных к бесконечному воспроизведению самих себя при скрещивании.

Критерии вида. В XVIII в. английский натуралист Джон Рей был первым, кто попытался определить *критерии вида* — признаки, по которым можно судить о принадлежности организма к данному виду. Все индивидуумы, принадлежащие данному виду, считал Рей, могут свободно скрещиваться в природе и продуцировать потомство, относящееся к тому же самому виду. Даже если среди потомства в одном выводке появляются два отчётливо различных организма,



Боксёр



Пекинес



Колли



Чау-чау

Рис. 66. Породы собак

они всё равно будут принадлежать к одному виду. Все собаки, например, несмотря на то что разные породы внешне очень различаются, составляют один вид (рис. 66).

Великий шведский натуралист Карл Линней, создатель научной систематики, определял виды как целостные группы организмов, отличные от других жизненных форм по признакам строения. Иными словами, наличие черт строения, которые делают некоторую группу организмов похожими друг на друга и одновременно отличными от всех других групп, и есть критерий для причисления их к данному виду.

Признаки строения, которые использовал Линней для выделения видов, дают нам пример *морфологического критерия*. В его основе лежит сходство внешнего и внутреннего строения организмов. В основе *физиологического критерия* лежит сходство всех процессов жизнедеятельности, и прежде всего сходство размножения, что определяет возможность получения потомства при скрещивании.

Однако оказалось,что внешне неразличимые группы организмов могут принадлежать к разным видам. Учёные обнаружили так называемые *виды-двойники*, различающиеся лишь наборами хромосом. Виды-двойники встречаются среди самых разных организмов: рыб, насекомых, млекопитающих, растений. Не всегда срабатывает и физиологический критерий; установлено немало разных видов, которые могут скрещиваться в природе, производя плодовитые гибриды. Это случается, например, при спаривании собак с волками. Плодовитыми могут быть гибриды некоторых видов птиц (канарейки, зяблики), а также растений (тополя, ивы).

Поэтому помимо названных критериев при определении видовой принадлежности используются и другие. *Генетический критерий* — характерный для каждого вида набор хромосом, их размеры, форма, состав ДНК. *Экологический критерий* — место вида в природных сообществах организмов, его специализация, наборы условий внешней среды, необходимых для существования вида. *Географический критерий* — область распространения вида в природе, т. е. *ареал*. *Исторический крите-*

рий — общность предков, единая история возникновения и развития вида. Для животных характерен *этологический критерий* — присущие только данному виду особенности поведения.

Не существует одного абсолютного критерия вида. Только в совокупности они определяют вид. В природе целостность вида поддерживается благодаря *репродуктивной изоляции*, которая препятствует смешению видов при половом размножении. Такая изоляция обеспечивается множеством механизмов, например различиями ареалов, разными сроками или местами размножения, особенностями поведения в брачный период и многими другими.

Популяционная структура вида. Благополучное существование различных видов животных и растений требует подходящих условий обитания. При перемещении особей из одной местности ареала в другую эти условия могут значительно меняться. Причём некоторые из них меняются плавно (как, например, температура при продвижении с юга на север), другие остаются без изменений (например, содержание диоксида углерода в воздухе), а третьи меняются скачкообразно (как это, например, происходит с изменениями состава и структуры почв). Всё это приводит к тому, что подходящие для того или иного вида условия формируются в пространстве как бы в виде отдельных островков. Виды заселяют эти подходящие им «островки», а потому распространены не равномерно, а отдельными группами. В этом состоит своеобразие биологических видов — они существуют в форме популяций.

Популяция — это группа организмов одного вида, обладающих способностью свободно скрещиваться и неограниченно долго поддерживать своё существование в данном районе ареала. Понятие популяции в определённом смысле близко с понятием «племя», известным вам из курса истории.

Популяции одного вида могут быть отделены друг от друга чёткими границами. Например, границы между популяциями водных организмов проходят по береговым линиям водоёмов. У многих видов, обитающих в наземно-воздушной среде, границы между популяциями

обычно размыты. Известно, например, что границы территорий, занимаемых популяциями многих грызунов (леммингов, полёвок и др.), зависят от численности этих животных. Они как бы пульсируют, расширяясь при возрастании численности зверьков и сокращаясь при её снижении. Семена растений могут переноситься на большие расстояния животными, ветром и т. д. Кроме того, разные популяции одного и того же вида птиц контактируют на местах зимовок или во время миграций.

Свойства популяций. Условия жизни в разных районах ареала вида могут несколько различаться. Под влиянием этого в отдельных популяциях могут возникать и накапливаться свойства, отличающие их друг от друга. Это может проявляться в небольших различиях в строении организмов, их экологических, физиологических и других свойствах. Иными словами, популяции, как и отдельные организмы, обладают изменчивостью. Как и среди организмов, среди популяций невозможно найти две полностью тождественные. Изменчивость популяций повышает внутреннее разнообразие вида, его устойчивость к локальным (местным) изменениям условий жизни, позволяет ему проникать и закрепляться в новых местах обитания. Можно сказать, что существование в форме популяции обогащает вид, обеспечивает его целостность и сохранение основных видовых свойств.

Популяции способны сохранять устойчивость своей структуры во времени и пространстве. Стайку рыб или воробьёв нельзя назвать популяцией: такие группы могут легко распадаться под влиянием внешних факторов или смешиваться с другими. Популяции не живут изолированно. Они взаимодействуют с популяциями других видов, образуя вместе с ними *биотические сообщества* — целостные системы ещё более высокого уровня организации.

ВИД. КРИТЕРИИ ВИДА: МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ, ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ, ГЕНЕТИЧЕСКИЙ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ, ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ, ИСТОРИЧЕСКИЙ. АРЕАЛ. ПОПУЛЯЦИЯ. БИОТИЧЕСКИЕ СООБЩЕСТВА

 ***Выполните лабораторную работу.***

Изучение морфологического критерия вида

Цель работы: определить, можно ли только по морфологическим признакам судить о принадлежности организма к определённому виду.

Ход работы

1. Рассмотрите предложенные вам объекты.
2. Сделайте их морфологическое описание.

Объекты	Морфологическое описание

3. Сделайте вывод.

Вопросы

1. Какова основная цель классификации организмов?
2. Что такое вид и критерии вида?
3. Какие критерии вида вам известны?
4. Какова роль репродуктивной изоляции в поддержании целостности вида? Приведите примеры.
5. Что такое популяция?
6. Почему биологические виды существуют в природе в форме популяций?

Задания

1. Составьте список известных вам видов растений и/или животных. Попытайтесь сгруппировать их по степени морфологического сходства.
2. Объясните, почему нельзя выделить один универсальный критерий вида.
3. Изучив основной текст параграфа и познакомившись с дополнительным текстом, объясните, почему нельзя однозначно ответить на вопрос о количестве видов, живущих на нашей планете.

Дополнительные сведения

Сколько видов на Земле. Со времён Карла Линнея, разработавшего систему классификации организмов, в мире было описано 1,5 млн видов. Это существенно больше, чем ожидал сам Линней в XVIII в. Не все из живущих на Земле видов описаны и систематизированы. Для такого вывода имеется несколько веских аргументов.

Около 1 млн видов (т. е. две трети от общего числа) обитают в зоне умеренного климата. Опыт показывает, что при более детальном изучении многих групп организмов удаётся обнаружить много новых видов. Поэтому можно считать, что их реальное число больше того, что уже открыто, в полтора раза. Другими словами, потенциально в зоне умеренного климата обитает не 1, а 1,5 млн видов. Известно также, что в тропических областях видовое разнообразие выше, чем в умеренных, по крайней мере вдвое. Это означает, что не менее 3 млн видов живут в тропиках, но многие до сих пор не открыты и не описаны. Таким образом, в действительности Землю населяет в три раза больше видов, чем зарегистрировано на сегодняшний день: их никак не меньше 4—5 млн.

К сожалению, в наше время виды исчезают быстрее, нежели их успевают обнаружить и описать. Это происходит в результате разрушения мест обитания, особенно в тропиках, где из-за высокого обилия виды узкоспециализированы, т. е. приспособлены к жизни при строго определённых условиях внешней среды. Незначительные изменения хотя бы одного из этих условий (температуры, влажности, освещённости), связанные, например, с вырубками деревьев, строительством дорог, могут привести к полному исчезновению тех или иных видов растений и животных. Потеря вида имеет огромное значение. Каждый из них неповторим и вносит свой уникальный вклад в формирование условий на Земле, которые, в свою очередь, влияют и на наше собственное существование как биологического вида.

§ 36. Экологические факторы и условия среды

1. **Почему группы организмов одного вида, например заросли лютика, крапивы, осоки и др., встречаются не повсеместно, а лишь на определённых участках? Какие это участки?**
2. **Что изучает наука экология?**

Понятие об экологических факторах. Существование каждого биологического вида в форме популяций связано, прежде всего, с неоднородностью условий окружающей среды на всей площади его ареала. Любые внешние условия, оказывающие прямое или опосредованное влияние на популяции, называют *экологическими факторами*. Они очень многообразны как по своей природе, так и по характеру воздействия. Условно совокупность всех экологических факторов подразделяют на три большие группы — абиотические, биотические и антропогенные.

Абиотические факторы — это факторы неживой природы, прежде всего климатические — солнечный свет, температура и влажность. К этой же группе факторов относят *вторичные климатические* (местные) *факторы* — рельеф, свойства почвы, солёность, воздушные и морские течения, ветер, радиацию и т. п., косвенно влияющие на организмы.

Биотические факторы — это всевозможные формы влияния живых организмов друг на друга. При этом организмы могут принадлежать к одной и той же или к разным популяциям. В качестве примера можно привести такие взаимоотношения, как опыление насекомыми цветковых растений, поедание одних организмов другими, конкуренцию между организмами за те или иные виды жизненно важных ресурсов (пищу, пространство, свет и т. д.), паразитизм и многое другое.

Антропогенные факторы — это те формы деятельности человека, которые, воздействуя на окружающую среду, изменяют условия обитания живых организмов или непосредственно влияют на отдельные виды растений и животных. Одним из наиболее важных антропогенных факторов является загрязнение. Диоксид серы, летящий из труб заводов и электростанций, соединения металлов (меди, цинка, свинца), сбрасываемые возле рудников или содержащиеся в выхлопных газах автомашин, остатки нефтепродуктов, оказывающиеся в водоёмах после промывки танков нефтеналивных судов, — вот лишь некоторые из загрязняющих веществ, ограничивающих распространение организмов, особенно растений.

Многие загрязняющие вещества действуют как яды, приводя к вымиранию целых видов растений или животных. Другие могут передаваться по цепям питания, накапливаться в телах организмов, вызывать генные мутации, значение которых можно будет оценить лишь в будущем.

Условия среды. Условиями среды, или *экологическими условиями,* называют изменяющиеся во времени и пространстве абиотические факторы среды, на которые организмы реагируют по-разному в зависимости от их силы. К наиболее важным абиотическим факторам, определяющим условия существования организмов в популяциях практически во всех средах жизни, относятся *температура*, *влажность* и *свет*.

Влияние экологических условий на организмы. Любой вид организмов способен жить только в пределах определённого интервала температур, внутри которого температурные условия наиболее благоприятны для его существования, а его жизненные функции осуществляются наиболее активно. По мере приближения к границам температурного интервала скорость жизненных процессов замедляется, а за его пределами они и вовсе прекращаются — организм погибает. Пределы температурной выносливости у разных организмов различны. Некоторые виды способны выносить значительные колебания температуры. Например, лишайники и многие бактерии могут жить при самой различной температуре. Среди животных наибольший диапазон температур выдерживают теплокровные. Тигр, например, одинаково хорошо переносит как сибирский холод, так и жару тропических областей Индии или Малайского архипелага. В наземно-воздушной и даже в водной среде температура не остаётся постоянной и может сильно варьировать в зависимости от сезона года или времени суток. В тропиках суточные колебания температуры могут быть выражены сильнее, чем сезонные. И наоборот, в умеренных областях температура значительно различается в разные времена года.

Вода — составная часть каждого живого организма, она необходима для его нормального функционирова-

ния. На протяжении большей части своей истории живая природа была представлена исключительно водными организмами. Завоевав сушу, они тем не менее не утратили зависимости от воды. Растения извлекают нужную им воду из почвы при помощи корней. Лишайники могут улавливать водяной пар из воздуха. Все сухопутные животные для компенсации неизбежной потери воды за счёт испарения или выделения нуждаются в её периодическом поступлении. Многие из них пьют воду, другие, например амфибии, некоторые насекомые и клещи, всасывают её через покровы тела в жидком или парообразном состоянии. Есть животные, способные получать воду довольно сложным путём — в процессе окисления жиров. Это, например, верблюд и некоторые виды насекомых — рисовый и амбарный долгоносики, платяная моль, питающиеся жиром. У животных, как и у растений, имеется множество приспособлений для экономии воды.

Свет солнца служит практически единственным источником энергии для живой природы. Непосредственного влияния на животных, по сравнению с температурой или влажностью, свет почти не оказывает. Он служит лишь сигналом к перестройке протекающих в организме процессов, что позволяет им наилучшим образом отвечать на происходящие изменения внешних условий. У многих животных условия освещённости вызывают положительную или отрицательную реакцию на свет. Некоторые насекомые (ночные бабочки) слетаются на свет, другие (тараканы) избегают его. Наибольшее экологическое значение имеет смена дня и ночи. Многие животные ведут исключительно дневной образ жизни (большинство птиц), другие — исключительно ночной (многие мелкие грызуны, летучие мыши и др.). Мелкие рачки, парящие в толще воды, держатся ночью в поверхностных водах, а днём опускаются на глубину, избегая слишком яркого света.

Вторичные климатические факторы — ветер, атмосферное давление, высота над уровнем моря и др. — также имеют важное значение в конкретном месте (местности) обитания организмов каждого вида. Например, ветер

обладает следующим косвенным действием: усиливая испарение, он обезвоживает организм; сильный ветер способствует также охлаждению. Это оказывается важным в холодных местах, на высокогорьях или в полярных областях.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ: АБИОТИЧЕСКИЕ, БИОТИЧЕСКИЕ, АНТРОПОГЕННЫЕ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ: ТЕМПЕРАТУРА, ВЛАЖНОСТЬ, СВЕТ. ВТОРИЧНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Вопросы

1. Что такое экологические факторы?
2. Какова классификация экологических факторов?
3. Что понимают под условиями среды или экологическими условиями?

Задания

1. Охарактеризуйте особенности влияния экологических условий на различные виды организмов.
2. Изучив основной текст параграфа и познакомившись с дополнительным текстом, сделайте вывод о практическом значении изучения популяций. Приведите примеры. Какие свойства могут характеризовать популяцию как группу организмов?

Дополнительные сведения

Демографические показатели. Популяция может расти, подразделяться на более мелкие подгруппы, т. е. изменяться под влиянием изменений экологических факторов. Все эти изменения могут быть охарактеризованы показателями (свойствами), которые нельзя применить к отдельным организмам, а только к популяции в целом — *демографическими показателями*. Среди них: *обилие* (общее число особей), *рождаемость* (скорость прироста численности), *смертность* (скорость сокращения численности в результате гибели особей), *возрастной состав* (соотношение численности разновозрастных особей). Эти показатели важно знать для пони-

мания законов, управляющих жизнью популяций, прогнозирования происходящих в них постоянных изменений.

Изучение демографических показателей имеет большое практическое значение. Так, при заготовках древесины очень важно знать скорость восстановления леса, чтобы правильно планировать интенсивность рубок. Некоторые популяции животных используются для получения ценного пищевого или пушного сырья, изучение других важно с медико-санитарной точки зрения (например, популяции мелких грызунов — носителей возбудителя опасного для человека заболевания). Во всех этих случаях нас интересуют, прежде всего, возможность прогнозировать эти изменения и регулировать их. Крайне необходимо для этого знать причины и скорость популяционных изменений, а также уметь измерять различные параметры этих природных объектов.

§ 37. Происхождение видов. Развитие эволюционных представлений

1. Что вам известно о происхождении растений и животных?

2. Что такое эволюция? Какие доказательства её существования вам известны?

Происхождение видов. В настоящее время биологической наукой накоплено огромное количество фактов, позволяющих утверждать, что всё разнообразие видов на нашей планете является результатом *эволюции* (от лат. *evolutio* — развёртывание) — непрерывного и необратимого процесса исторического развития природы. В современной биологии эволюция рассматривается как сила, ведущая к образованию новых форм организмов, как процесс, благодаря которому доклеточные формы жизни, возникшие более 3 млрд лет назад, дали начало исключительно сложным многоклеточным организмам нашего времени. Все организмы связаны между собой по происхождению, поскольку эволюционировали от общих предков.

Развитие эволюционных представлений. Ещё философы древности отмечали, что среди живых существ можно отыс-


Рис. 67. Жан Батист Ламарк (1744—1829)

кать представителей как очень простых, примитивных, так и очень сложных форм. Традиционно это объясняли деятельностью Творца, создавшего «цепь бытия», т. е. всё возможное разнообразие живого. При этом изучение организмов, их свойств, взаимоотношений между ними многие учёные рассматривали как способ лучшего понимания Бога. Даже основоположник систематики *Карл Линней* твёрдо верил, что все свойства живого — результат Божественного замысла.

В первой половине XVIII в. учёные описали много новых видов животных и растений. К этому же времени были получены первые палеонтологические данные о вымерших видах. Изучение ископаемых остатков растений и животных обнаружило как бы поступательное движение от простого к сложному, от примитивных к всё более организованным формам жизни. Это явление требовало объяснения.

Одним из первых, кто попытался разработать теорию эволюции, был *Жан Батист Ламарк* (рис. 67). Согласно его идее, все биологические виды, включая человека, произошли от других видов. Ламарк понимал эволюцию как процесс прогрессивных изменений от одной формы к другой, от простого к сложному. Однако он ошибочно выводил факторы эволюции из будто бы присущего всему живому стремления к совершенствованию.

Эволюционная теория Ламарка основывалась на наследовании организмами вновь приобретённых свойств. Он полагал, что определённые органы или системы органов у животных и растений по мере упражнения должны совершенствоваться, а затем закрепляться в следующих поколениях (рис. 68).

В начале XIX в. произошёл интенсивный рост промышленности стран Западной Европы, который дал мощный импульс для бурного развития науки и техники. Обширные материалы заморских экспедиций обога-

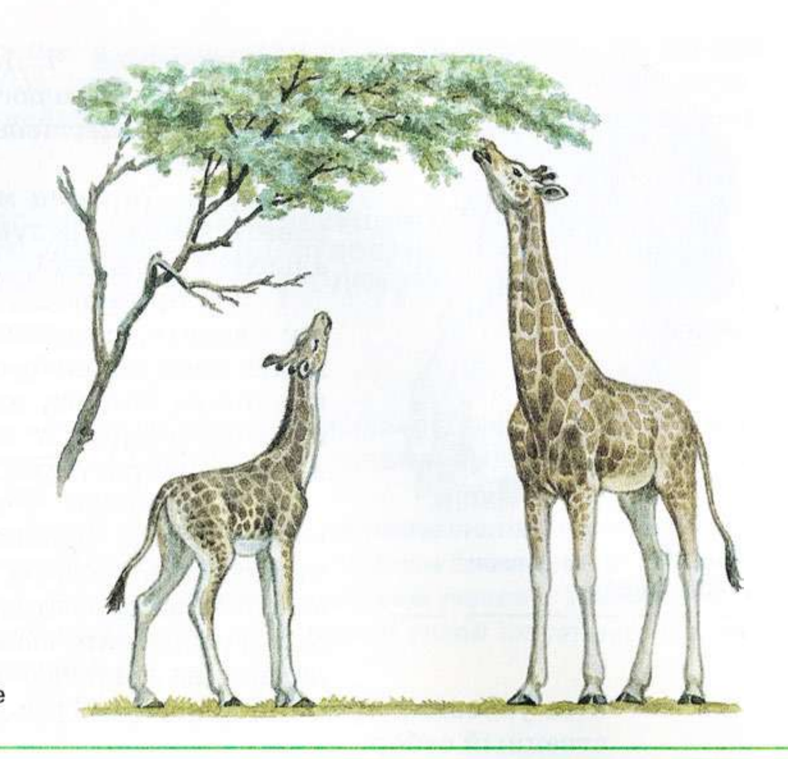


Рис. 68. Упражнение органов (по Ламарку)

щали представления о разнообразии живых существ, а описания систематических групп организмов приводили к мысли о возможности их родства. Об этом же свидетельствовало поразительное сходство зародышей хордовых, обнаруженное при изучении процессов индивидуального развития животных. Для научного объяснения поступающих сведений нужен был гениальный ум, способный обобщить огромный материал, связать разрозненные факты стройной системой рассуждений. Таким учёным оказался *Чарлз Дарвин* — великий английский биолог, заложивший основы современной теории эволюции биологических видов (рис. 69).

Основные положения теории Ч. Дарвина. Заслуга Дарвина состоит в том, что он раскрыл главные *движущие силы эволюции*, объяснив изменение организмов исключительно действием законов природы без вмешательства сверхъестественных сил. В основу своего объяснения эволюцион-

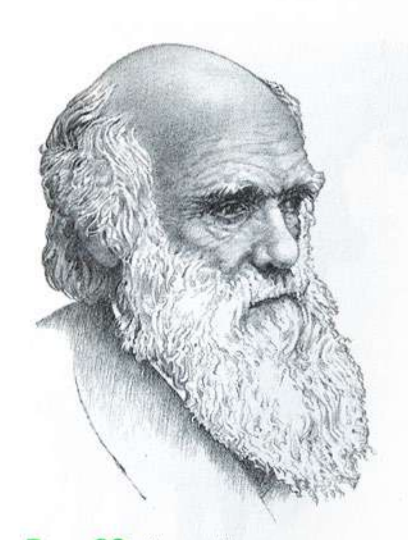


Рис. 69. Чарлз Дарвин (1809—1882)

ных процессов Ч. Дарвин положил понятия *изменчивость организмов*, *борьба за существование* и *естественный отбор*.

Теорию Дарвина можно сформулировать в виде следующих принципиальных положений.

1. Все организмы, населяющие нашу планету, изменчивы. Невозможно найти двух полностью тождественных кроликов, волков, ящериц или иных принадлежащих к одному виду животных или растений.

2. В природе рождается особей каждого вида больше, чем позволяют прокормить ресурсы среды. Это ведёт к борьбе за существование между ними. В результате выживают особи, обладающие наиболее выгодными в данных условиях среды признаками, т. е. происходит естественный отбор.

3. Сохранённые естественным отбором особи оставляют потомство, передавая свои признаки по наследству. Это обеспечивает существование того или иного вида на протяжении длительного времени.

4. Так как условия среды в разных участках ареала могут различаться, то и приспособления формируются разные, т. е. идёт расхождение признаков организмов, ведущее к появлению новых видов — видообразованию.

Хотя многие критиковали и критикуют в настоящее время теорию Дарвина, его идеи столь убедительно обоснованны, что большинство учёных принимает их и по сей день. В XX столетии эволюционное учение Ч. Дарвина было развито и конкретизировано благодаря созданию хромосомной теории наследственности, развитию молекулярно-генетических исследований. Включение достижений этих и других биологических дисциплин в дарвиновскую концепцию привело к созданию современной *синтетической эволюционной теории*, в основе которой лежат представления о том, что все процес-

сы, ведущие к изменениям вида, начинаются на уровне отдельных популяций вида. Именно популяции играют важнейшую роль в эволюционных преобразованиях вида.

ЭВОЛЮЦИЯ. ТЕОРИЯ ДАРВИНА. ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ ЭВОЛЮЦИИ: ИЗМЕНЧИВОСТЬ, БОРЬБА ЗА СУЩЕСТВОВАНИЕ, ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР. СИНТЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ

Вопросы

1. Что понимают под эволюцией природы в современной биологии?
2. Что является фундаментальным следствием признания существования эволюции?
3. Как Ж. Б. Ламарк объяснял многообразие видов и приспособленность организмов к конкретным условиям среды?
4. В чём заключаются основные положения учения Ч. Дарвина?
5. Почему учение Дарвина не потеряло своей актуальности в настоящее время?

Задания

1. Изучив основной текст параграфа и познакомившись с дополнительным текстом (см. ниже), сделайте вывод о том, каковы были взгляды большинства учёных-биологов в отношении происхождения видов и их многообразия на Земле до публикации Ч. Дарвином своих фундаментальных работ.
2. Подготовьте сообщения/мультимедиапрезентации о Ч. Дарвине как учёном-исследователе и основоположнике учения об эволюции органического мира.
   Для работы используйте http://charles-darwin.narod.ru

Дополнительные сведения

Жизненный путь Ч. Дарвина. С детства Дарвин увлекался сбором коллекций, химическими опытами, наблюдениями за животными. Студентом он изучал научную литературу, овладел методикой полевых исследований. Дарвин окончил Кембриджский университет

в возрасте 22 лет. Сразу по окончании курса в качестве натуралиста он отправился в пятилетнее плавание к берегам Южной Америки на корабле «Бигль». Ч. Дарвин был глубоко верующим человеком, который не сомневался ни в существовании Творца, ни в его ответственности за всё происходящее на Земле. Он верил, что Бог выражает себя через естественно-научные законы, которые могут быть изучены и познаны. Как исследователь Дарвин много наблюдал и анализировал увиденное. Уже будучи профессором университета в Кембридже, после 30 лет кропотливой научной работы он написал и опубликовал в 1859 г. одну из наиболее замечательных и фундаментальных книг за всю историю человечества — «Происхождение видов путём естественного отбора, или Сохранение благоприятствующих пород в борьбе за жизнь». Книга вызвала сенсацию. Изложенные в ней идеи сыграли выдающуюся роль в развитии науки. Позже Дарвином были опубликованы ещё две работы: «Изменение домашних животных и культурных растений», «Происхождение человека и половой отбор».

§ 38. Популяция как элементарная единица эволюции

1. Что понимают под изменчивостью организмов? Какие её виды вам известны?
2. Что такое генотип и фенотип?
3. Что такое гены? Какие гены называют аллельными?
4. Что такое мутации? Какие виды мутаций вам известны?

Популяционная генетика. Ключом дарвиновского объяснения движущих сил эволюции является идея, что некоторые особи вида в силу проявления изменчивости располагают полезными свойствами (признаками), которые увеличивают их шансы выжить и оставить плодовитое потомство. Если это так, то генетические свойства таких организмов должны закрепляться в популяции в генотипах потомков организмов, которые ими располагают. Такие генетические изменения делают популяцию более приспособленной к конкретным условиям обитания. Например, в холодных климатических условиях в популяциях

должна возрастать доля генотипов, содержащих аллели, способствующие повышению теплоизоляции организмов. В иных случаях выживание организмов может определяться генами, кодирующими окраску животного (когда важное значение для выживания особей приобретает фактор маскировки), или синтез определённых видов ферментов, или характер поведения и т. д.

Факторы генетической изменчивости популяций были загадкой для Дарвина и его современников. Долгое время учёные не знали механизмов, с помощью которых полезные признаки могут сохраняться в популяции и передаваться от одной генерации к другой. Не было известно, почему доминантные аллели не вытесняют из популяции рецессивные, особенно редкие. Почему в некоторых странах, например, много людей с голубыми глазами (т. е. особей, гомозиготных по рецессивной аллели) и их количество не уменьшается со временем? На эти и другие вопросы долгое время не могла ответить и генетика, которая первоначально изучала лишь проявления действий индивидуальных генов.

Провал между генетикой и эволюционными исследованиями удалось преодолеть лишь к 20-м гг. XX в., когда появилась *популяционная генетика* и стала формироваться теория, объясняющая, как аллели ведут себя в популяции, в чём состоят механизмы, изменяющие соотношение аллелей в пределах популяции, и как протекают в популяции эволюционные изменения.

Генофонд популяций. Для объяснения закономерностей наследственности и изменчивости у отдельно взятых особей вида генетики используют понятия генотип и фенотип. В популяционной генетике важнейшим показателем изменчивости популяции в целом является *генофонд*, под которым понимают совокупность всех генотипов, представленных в популяции. Изучение состава генофонда популяции позволяет сделать вывод о происходящих в ней эволюционных изменениях.

Изменчивость генофонда. Генофонд популяции постоянно изменяется под влиянием разных экологических факторов. Во-первых, это связано с мутационной изменчивостью

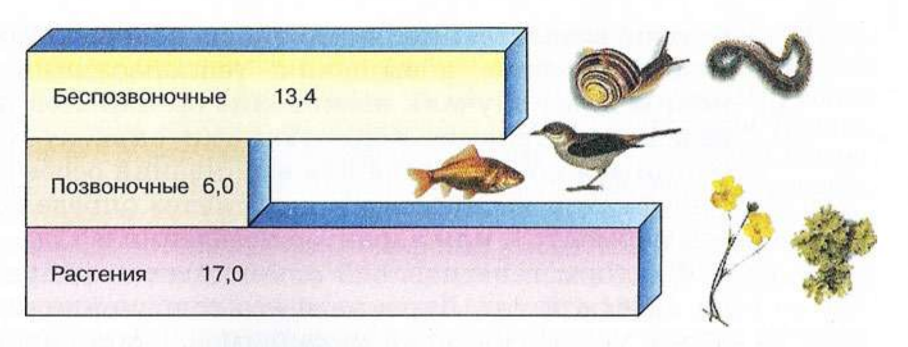


Рис. 70. Изменчивость генофонда популяций различных групп организмов. Цифры обозначают процент гетерозигот

самих генотипов, образующих генофонд. Во-вторых, генофонд может направленно изменяться под действием отбора. У разных групп организмов изменчивость генофонда различна, но в целом она достаточно высока (рис. 70).

Как вам уже известно, основная причина возникновения у организмов новых признаков и свойств — это проявление мутаций. Причём, как установил в 1926 г. наш соотечественник *С. С. Четвериков* (рис. 71), подавляющее большинство возникающих мутаций рецессивно и не проявляется фенотипически. Это объясняется тем, что из двух аллельных генов, имеющихся у гетерозиготной особи, один бывает обычно доминантным, а другой рецессивным, а в гетерозиготном состоянии проявляется только доминантный аллель. Если, например, у человека имеется доминантный аллель, определяющий карий цвет глаз, и рецессивный аллель, определяющий голубой цвет глаз, то глаза у него будут карие, а то, что он несёт в себе ген голубых глаз, никак не проявится.

Современные исследователи могут наблюдать и измерять изменения генофонда популяций с помощью специальных биохимических методов, например анализируя последовательности аминокислот в белках или последовательности азотных оснований в ДНК. Для этого изучают состав белков, первичные структуры которых определяются нуклеотидными последовательностями кодирующих их генов.

Изменчивость генофонда можно проиллюстрировать примером с группами крови у человека. Их разнообразие определяется действием разных генов. Установлено, что кроме четырёх основных групп крови у человека существует ещё по крайней мере 30 различных групп, также генетически закреплённых. Помимо этого выявлено более 45 генов, которые кодируют белки в клетках человеческой крови и плазмы. В популяциях человека, населяющих разные страны и континенты, соотношение носителей разных групп крови меняется. Выявлена, например, следующая закономерность: состав белков крови зависит от географического положения популяции. Американские индейцы, например, имеют в основном нулевую группу. Группа крови B отсутствовала в Америке и в Австралии до появления там выходцев из Европы. Частота группы крови B возрастает от Европы к Центральной Азии.



Рис. 71. Сергей Сергеевич Четвериков (1880—1959)

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА. ГЕНОФОНД

Вопросы

1. Что изучает популяционная генетика?
2. Что такое генофонд?
3. Почему генофонд популяции постоянно изменяется?
4. Какое значение имеет изучение изменения генофонда популяций?
5. Какие факты могут служить доказательством приспособительного (адаптивного) характера изменений генофонда?
6. Какие изменения генофонда позволяют делать вывод о происходящих в популяции эволюционных изменениях?

Задания

1. Подумайте, какие выводы о причинах различия в генетическом составе разных популяций человека можно сделать, учитывая тот факт, что люди с разными группами крови обладают разной восприимчивостью к некоторым болезням (малярии, диабету, астме и т. д.).
2. Изучив основной текст параграфа и познакомившись с дополнительным текстом, обсудите с одноклассниками, какие свойства живого, процессы и явления могут рассматриваться в качестве главных движущих сил эволюции с позиций современной биологической науки.

Дополнительные сведения

Значительный вклад в становление популяционной генетики внёс русский учёный *С. С. Четвериков*. Его работы послужили основой нового взгляда на движущие силы эволюции и позволили рассматривать мутационную изменчивость организмов в популяциях как материал для естественного отбора. Кроме того, проводя свои исследования, С. С. Четвериков обратил внимание на колебание её численности, которое он назвал *волнами жизни* или *популяционными волнами*. Конкретные причины их возникновения могут быть очень разнообразны, но в результате происходит случайное уничтожение части особей популяции. При этом генотипический состав популяции может непредсказуемо меняться: редкий до падения численности генотип может сделаться обычным и быть подхваченным естественным отбором, а может и вовсе исчезнуть.

§ 39. Борьба за существование и естественный отбор

1. **Что такое борьба за существование?**
2. **Что такое естественный отбор? Что понимают под искусственным отбором?**
3. **Каковы основные положения эволюционного учения Дарвина?**

Борьба за существование. Несоответствие между численностью появляющихся в популяции особей и имеющимися в наличии жизненными ресурсами неизбежно приводит к *борьбе за существование*. Под этим выражением понимают не прямую схватку, а сложные и многообразные отношения организмов внутри одного вида, между разными видами и с неорганической природой. Наградой в такой борьбе являются жизнь и возможность её продолжения в череде последующих поколений. Победителями же оказываются обладатели таких свойств, которые делают их более приспособленными к данным условиям существования.

Формы борьбы за существование. Дарвин различал три формы борьбы за существование: внутривидовую, межвидовую и борьбу с неблагоприятными условиями неорганической природы (рис. 72). Наиболее напряжённая из них — *внутривидовая борьба*. Яркий пример внутривидовой борьбы — состязание между одновозрастными деревьями хвойного леса. Самые высокие деревья своими широко раскинутыми кронами перехватывают основную массу солнечных лучей, а их мощная корневая система поглощает из почвы растворённые в воде минеральные вещества в ущерб более слабым соседям. Внутривидовая борьба особенно обостряется при повышении плотности популяции, например при обилии птенцов у некоторых видов птиц (многие виды чаек, буревестники): более сильные выталкивают из гнёзд слабых, обрекая их на гибель от хищников или голода.

Межвидовая борьба наблюдается между популяциями разных видов. Она может проявляться в форме соревнования за одни и те же виды природных ресурсов или в форме одностороннего использования одного вида другим. Пример соревнования за сходные виды ресурсов дают взаимоотношения серой и чёрной крыс, борющихся за место в поселениях человека. Серая крыса, более сильная и агрессивная, со временем вытеснила чёрную, которая в настоящее время встречается лишь в лесных районах или в пустынях. В Австралии обыкновенная пчела, которую привезли из Европы, вытеснила маленькую туземную, не имеющую жала.

А

Б

10 000

5 000

3 000

2 000

1 000

Стволов на 1 га

10 — 30 лет

40 — 60 лет

70 — 90 лет

100 лет ...

В

Рис. 72. Формы борьбы за существование:
А — борьба с неблагоприятными условиями среды; *Б* — межвидовая борьба;
В — внутривидовая борьба

Пример борьбы другого рода — взаимоотношения между хищником и жертвой: птицами и насекомыми, рыбами и мелкими рачками, львами и антилопами и т. д. Лишь в этих случаях борьба за существование выражается в непосредственной схватке: хищники грызутся из-за добычи или хищник сражается с жертвой. Наглядным результатом таких отношений являются согласованные эволюционные изменения как хищника, так и жертвы: у хищника появляются изощрённые средства нападения — клыки, когти, быстрые движения, подстерегающее поведение; у жертв — не менее изощрённые формы защиты: разнообразные шипы и панцири, маскировочная окраска, выставление охраны и другие виды приспособительного поведения.

Третья форма борьбы за существование — *борьба с неблагоприятными условиями среды* — также играет большую роль в эволюционных изменениях организмов. Особенности строения некоторых растений, например стлаников, растений-подушек, ясно указывают на жизнь в суровых условиях севера или высокогорий.

Абиотические факторы оказывают значительное влияние на эволюцию организмов не только сами по себе: их влияние может усиливать или ослаблять внутри и межвидовые взаимоотношения. При недостатке территории, тепла или света внутривидовая борьба может обостряться или, наоборот, ослабевать при избытке необходимых для жизни ресурсов. В тёплые годы при обильном развитии зоопланктона окунь активно поедает рачков, парящих в толще воды; в холодные, малопродуктивные годы нехватка пищи заставляет рыб переходить на питание собственной молодью.

Естественный отбор. Следствием борьбы за существование является *естественный отбор*. Эти понятия неразрывно связаны. С другой стороны, естественный отбор происходит лишь тогда, когда особи в популяции различаются эффективностью размножения, т. е. способностью выжить и оставить после себя потомство. Таким образом, естественный отбор также тесно связан и с изменчивостью организмов.



Рис. 73. Арктический заяц

Естественный отбор влияет на состав популяции: «убирая» из неё менее приспособленные генотипы, он делает её более адаптированной к условиям внешней среды. При этом особи, обладающие передовыми свойствами, начинают оказывать всё большее и большее влияние на генетический состав следующих поколений — генофонд популяции в целом.

Так, чисто-белый цвет меха арктического зайца на фоне снега делает его почти незаметным для лисы, песца или другого хищника (рис. 73). Подобная окраска помогает зверьку выжить и размножиться. Аллели генов, контролирующих цвет меха и определяющих его белый цвет, повышают приспособленность популяции в целом, поэтому их доля в генофонде должна возрастать.

Важно понять, что естественный отбор не создаёт новых фенотипов или генотипов, он служит лишь механизмом отсева наименее приспособленных и выживания наиболее приспособленных в бесконечной борьбе за существование.

Формы естественного отбора. В случаях, когда естественный отбор направлен на поддержание уже существующих признаков (фенотипов), говорят о *стабилизирующем отборе*. Биологам известны хорошие подтверждения существования стабилизирующего отбора. Например, ок-

раска водяного ужа, живущего на островах некоторых озёр, делает его незаметным в зарослях растительности. Однако время от времени в результате мутаций появляются особи, имеющие другую окраску. Эта новая окраска наследуется. Тем не менее численность мутантов не растёт: их быстро уничтожают хищные птицы, хорошо различающие их на фоне водной растительности. Следовательно, им редко удаётся дожить до половой зрелости и оставить потомство.

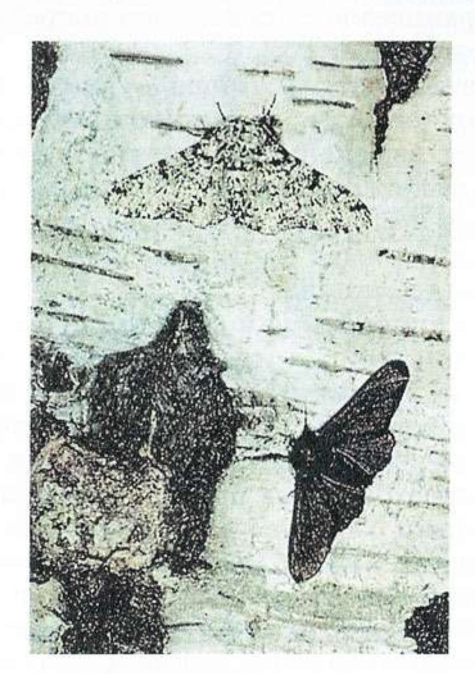
Стабилизирующий отбор обычен там, где условия жизни остаются постоянными в течение длительного периода, например в северных широтах и на океанском дне. Здесь десятки и сотни миллионов лет не происходит никаких заметных изменений, а организмы уже достаточно хорошо приспособились к жизни в этой среде. Стабилизирующий отбор действует и в более изменчивых местах — на горных лугах, на безводных песчаных дюнах: здесь условия меняются быстрее, чем на дне океана, но тем не менее остаются постоянными достаточно длительное время по сравнению с продолжительностью жизни отдельных поколений.

Другая форма естественного отбора — *движущий отбор*. В противоположность стабилизирующему эта форма отбора способствует изменениям фенотипов. Действие движущего отбора может проявляться очень быстро в ответ на неожиданные и сильные изменения внешних условий. Классический пример — случай с одним из видов бабочек, берёзовой пяденицей.

В XVIII столетии английские коллекционеры бабочек очень редко находили тёмных представителей этого вида. Обычно берёзовые пяденицы имеют светлую окраску, что позволяет им хорошо маскироваться на стволах деревьев, густо покрытых лишайниками, где они обычно проводят время в светлое время суток. Птицы и другие охотники за бабочками с трудом различают светлых бабочек, когда они сидят на стволах деревьев. Темнокрылые бабочки — это особи с высоким содержанием пигмента меланина. Они не имеют естественной маскировки и по этой причине более уязвимы для птиц. В результате коллекционерам найти её было непросто.

Однако в середине XIX столетия в Англии происходила промышленная революция. Фабричные районы были сильно загрязнены продуктами горения угля с повышенным содержанием серы (сернистый газ). В результате лишайники на коре деревьев начали гибнуть. Кроме того, кора многих деревьев покрылась сажей, особенно вблизи фабрик и заводов. В результате именно в этих районах начала расти численность тёмных пядениц, тогда как численность светлых бабочек заметно сократилась (рис. 74). Учёные высказали предположение, что изменения в составе популяции пядениц есть не что иное, как следствие естественного отбора, связанного с изменениями в окружающей среде.

Другой пример связан с изменением под действием движущего отбора восприимчивости насекомых к действию инсектицидов (ядов). Отбор помог многим видам насекомых противостоять ядам. Например, у некоторых видов комаров имеется ген, кодирующий образование



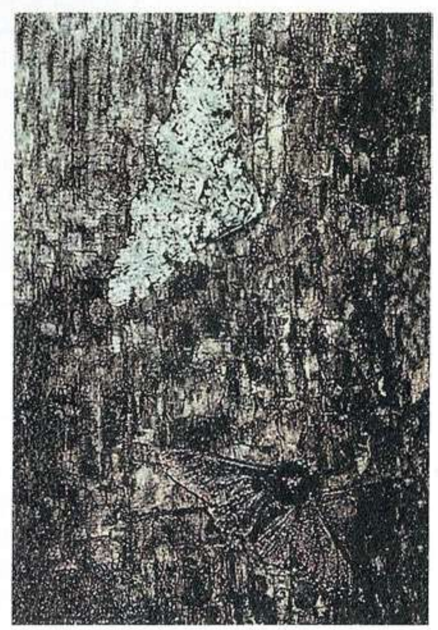


Рис. 74. Берёзовые пяденицы на стволах деревьев

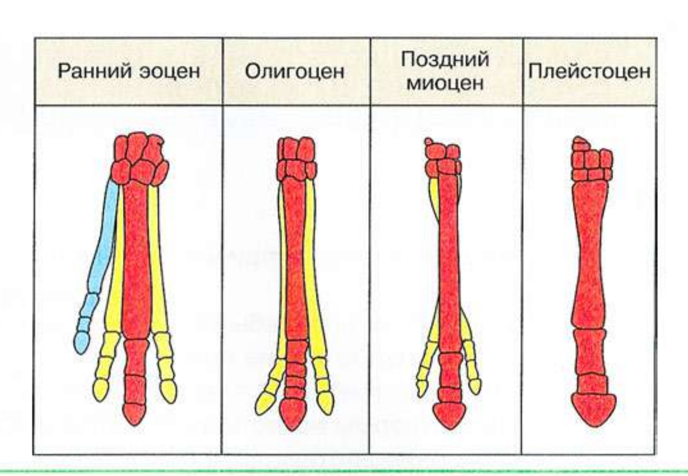


Рис. 75. Эволюция стопы лошади

фермента, который блокирует действие малых доз яда. Там, где используются инсектициды, большинство комаров погибает, выживают единицы, но способные вырабатывать соответствующий фермент с удвоенной скоростью. Они-то и дают начало новой популяции, особи которой практически невосприимчивы к яду.

Мы рассмотрели примеры, когда действие движущего отбора проявляется очень быстро — в течение всего нескольких десятилетий — в ответ на резкие изменения условий существования организмов. Однако в большинстве случаев процесс отбора идёт очень медленно. Столь же долго протекают и связанные с ним популяционные изменения. Таким образом, действие отбора может быть обнаружено лишь в форме постепенных и не всегда отчётливых изменений в процессе изучения ископаемых форм. Классический пример таких изменений даёт восстановленная картина эволюции стопы лошади (рис. 75).

Разные формы естественного отбора в процессе эволюции чередуются. Обычно эволюционные преобразования начинаются под действием движущего отбора в ответ на серьёзные изменения условий среды. В результате чего происходит появление новых подвидов, а затем и видов. Затем движущий отбор сменяется на стабилизирующий, и приобретённые особями вида изменения сохраняются — новый вид стабилизируется.

БОРЬБА ЗА СУЩЕСТВОВАНИЕ: ВНУТРИВИДОВАЯ, МЕЖВИДОВАЯ, С НЕБЛАГОПРИЯТНЫМИ УСЛОВИЯМИ СРЕДЫ. ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР: СТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ, ДВИЖУЩИЙ

Вопросы

1. Каковы основные причины возникновения борьбы за существование?
2. Какие формы борьбы за существование вам известны? Приведите соответствующие примеры.
3. В чём состоит действие естественного отбора?
4. Какие формы естественного отбора вам известны? В каких условиях они действуют? Приведите соответствующие примеры.
5. Можно ли получить экспериментальные подтверждения действия естественного отбора?

Задания

Изучив основной текст параграфа и познакомившись с дополнительным текстом, разработайте и проведите под руководством учителя биологические эксперименты по изучению действия отбора (естественного или искусственного). Результаты работы вы можете представить в виде учебно-исследовательского проекта.

Дополнительные сведения

Искусственный отбор. В своей работе «Изменение домашних животных и культурных растений» Ч. Дарвин отмечал, что различия между разными породами одного и того же вида одомашненных животных порой даже более значительны, чем между разными видами диких животных. Например, разные формы голубей (как, впрочем, и других животных, например, собак) при разведении могут отбираться человеком по некоторым определённым признакам. Если селекционер заинтересован в сохранении и увеличении числа особей с длинными крыльями, то он отбирает таких птиц и поддерживает условия, способствующие их выживанию и размножению. Это отбор человека — *искусственный отбор*. Однако требования человека и условия природной среды, в которой нужно выжить, неравнозначны. Свойства, полезные с точки зрения

человека, могут оказаться бесполезными и даже вредными в борьбе за жизнь, происходящей в дикой природе. В природе действует другой вид отбора — естественный. Его требования сводятся лишь к одному — способности выжить.

§ 40. Видообразование

1. **Дайте определение понятия «вид».**
2. **Какие критерии вида вам известны?**

Понятие о микроэволюции. Эволюционные изменения, протекающие на популяционно-видовом уровне организации живого, называют *микроэволюцией*. Важнейшей формой проявления таких изменений является *видообразование*, которое происходит в тех случаях, когда биологический вид расщепляется на два или более новых вида. Именно этот процесс обеспечивает огромное разнообразие живых организмов в природе.

Изоляция. Ключевым фактором видообразования является *изоляция*, т. е. генетическое разобщение популяций, существующих в пределах ареала исходного вида. Важнейшим



А



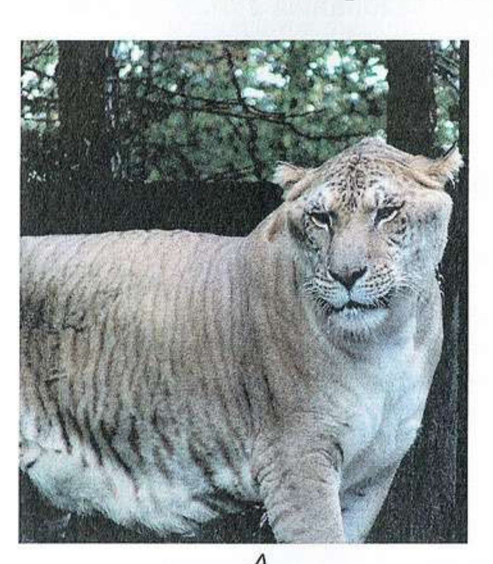
Б

Рис. 76. Представители семейства Розоцветные: *А* — роза; *Б* — вишня

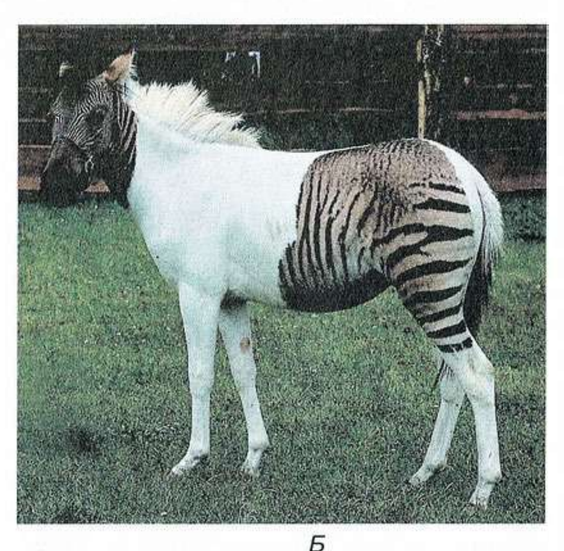
изолирующим механизмом, который обеспечивает точный критерий для определения принадлежности данных организмов к одному виду, является *репродуктивная изоляция*. Особи одного вида могут скрещиваться друг с другом, но никогда — с организмами другого вида. Например, роза и вишня — оба вида из семейства розоцветных — никогда не скрещиваются (рис. 76).

Разумеется, в природе или в условиях, искусственно созданных человеком, встречаются случаи межвидовой гибридизации. Однако далее срабатывают изолирующие механизмы, которые препятствуют развитию организма из зиготы, образовавшейся в результате слияния гамет самца и самки разных видов. Гибриды, возникшие таким образом, обычно быстро погибают или остаются бесплодными. Например, мул — гибрид лошади и осла — стерилен, он не может произвести потомство из-за того, что при его наборе хромосом невозможен мейоз. Бесплодны гибриды зайца-беляка и зайца-русака, куницы и соболя, тигра и льва (рис. 77).

Географическое видообразование. Новый вид может появиться вследствие расчленения ареала популяции или группы



А



Б

Рис. 77. Межвидовые гибриды: *А* — лигр; *Б* — зеброид

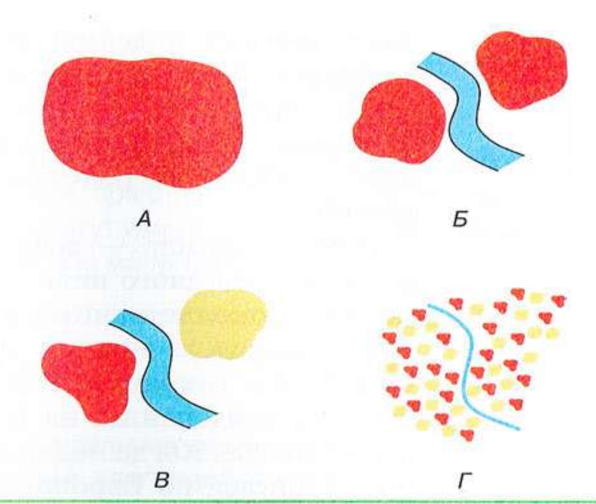


Рис. 78. Схема географического видообразования: *А* — единая исходная популяция; *Б* — географический барьер приводит к возникновению двух популяций; *В* — две популяции становятся генетически различными; *Г* — репродуктивная изоляция сохраняется после исчезновения барьера

популяций барьерами естественной, а в некоторых случаях искусственной (антропогенной) природы. Этот процесс может происходить на границе области распространения исходного вида, где условия жизни несколько отличаются от обычных и где активно протекают процессы естественного отбора. Такое видообразование, связанное с пространственной разобщённостью популяций, обычно называют *географическим*. Схематически процесс географического видообразования представлен на рисунке 78.

Предположим, что популяцию некоторого вида разделяет барьер. Это может быть физическая или географическая преграда — река, канал, карьер и т. д. Наличие барьера препятствует свободному скрещиванию особей, а значит — генному обмену. В результате естественного отбора в популяциях накапливается всё больше и больше генетических различий. Со временем эти различия становятся столь значительными, что включаются те или иные механизмы репродуктивной изоляции.

Примером такого процесса может быть возникновение некоторых видов рыб, предки которых обитали в море, но в ледниковое время смогли освоить сначала солоноватые водоёмы, возникшие в ходе таяния ледников на границах моря и материка, а затем и пресные на территории современной Европы и Азии. По мере отступления лед-

ника пресные водоёмы оказались полностью изолированными. Под влиянием новых условий некоторые рыбы, претерпев значительные изменения, образовали новые виды. К ним можно отнести, например, налима — близкого родственника типично морского вида трески.

Другой пример — возникновение разных видов ландыша от исходного вида, обитавшего миллионы лет назад в широколиственных лесах Европы. Нашествие ледника разорвало единый ареал ландыша на несколько частей. Он сохранился на лесных территориях, избежавших оледенения: на Дальнем Востоке, юге Европы, в Закавказье. Когда ледник отступил, ландыш вновь распространился по Европе, образовав новый вид — более крупное растение с широким венчиком, а на Дальнем Востоке — вид с красными черешками и восковым налётом на листьях.

Географическое видообразование происходит медленно, для его завершения в популяциях должны смениться сотни тысяч поколений. Эта форма видообразования предполагает, что физически разделённые популяции расходятся генетически; со временем они становятся полностью изолированными и отличными друг от друга вследствие естественного отбора.

МИКРОЭВОЛЮЦИЯ. ИЗОЛЯЦИЯ. РЕПРОДУКТИВНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ. ВИДООБРАЗОВАНИЕ. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ВИДООБРАЗОВАНИЕ

Вопросы

1. Что понимают под микроэволюцией?
2. Почему изоляцию считают ключевым фактором видообразования?
3. Какое значение имеет репродуктивная изоляция для процессов микроэволюции?
4. Почему гибриды различных видов организмов обычно неспособны к воспроизведению потомства (стерильны)? Приведите примеры известных вам межвидовых гибридов.

Задания

1. Используя рисунок 78, охарактеризуйте основные этапы географического видообразования.
2. Изучив основной текст параграфа и познакомившись с дополнительным текстом, сделайте предположение о том, какие ещё формы видообразования могут иметь место в природе. На каких изолирующих механизмах они могут быть основаны?

Дополнительные сведения

Ч. Дарвин обнаружил, что различия между популяциями одного вида проявляются в форме *адаптаций* к различным условиям жизни. В свете современных знаний это означает, что у особей в популяциях формируются некоторые генетически закреплённые свойства, отличающие их друг от друга и обеспечивающие наилучшую приспособленность организмов к условиям той или иной местности. Вот пример. Популяции атлантической сельди в разных районах океана размножаются в разное время года. Необходимым условием выживания молоди сельди является совпадение в сроках вылупления из икры личинок и развития мелкого фитопланктона — их основной пищи. В зависимости от широты местности пик развития фитопланктона происходит весной, летом, осенью или зимой. Соответственно различают весенне-, летне-, осенне- и зимненерестящихся сельдей, популяции которых живут обособленно, имеют небольшие внешние различия, но относятся к одному виду и могут скрещиваться, давая плодовитое потомство.

§ 41. Макроэволюция

1. В каком направлении происходит эволюция растений и животных?
2. Что такое таксономические группы? Какие таксоны вы знаете?

Понятие о макроэволюции. Обычно слово «эволюция» вызывает в воображении образы динозавров, мамонтов, вмёрзших в глыбы льда, и другие подобные картины. Эти следы древних форм жизни, давно вымерших и сохранившихся

лишь в виде ископаемых останков, в совокупности дают нам некоторое представление об отдельных фрагментах эволюционной истории. Говоря об эволюции с этих позиций, мы обычно подразумеваем изменения состава жизненных форм на Земле в течение очень длительных промежутков времени, когда старые формы сменили новые. Этот процесс называется *макроэволюцией.* Под макроэволюцией также понимают процесс образования из видов новых родов, из родов — новых семейств и т. д. в восходящем порядке.

Принципиальных различий между процессами образования новых видов, т. е. микроэволюцией, и процессами формирования более высоких таксономических групп не существует. В макроэволюции действуют те же процессы: образование фенотипических изменений, борьба за существование, естественный отбор, вымирание наименее приспособленных форм.

Результатом макроэволюционных процессов становятся существенные изменения внешнего строения и физиологии организмов — такие, например, как формирование замкнутой системы кровообращения у животных или появление устьиц и эпителиальных клеток у растений. К фундаментальным эволюционным приобретениям такого рода относится образование соцветий или превращение передних конечностей рептилий в крылья и ряд других.

Направления макроэволюции. Проблему главных направлений эволюции сформулировал в 20-х гг. XX в. *А. Н. Се́верцов*, российский биолог, основоположник эволюционной морфологии животных (рис. 79). В дальнейшем его идеи были развиты другими биологами-эволюционистами. Остановимся на двух главных направлениях макроэволюции.

Как вам уже известно из предыдущих разделов биологии, развитие живой природы шло от низших форм к высшим, от простого к сложному и имело прогрессивный характер. *Биологический прогресс* — успешное эволюционное развитие систематической группы, связанное с увеличение числа входящих в неё видов, подвидов и других таксонов, расширение ареала, повышение численности особей и т. д. Наряду с этим происходит приспособление видов к конкретным условиям жизни, осуществ-

ляется их специализация. Результатом макроэволюционных процессов становятся существенные изменения внешнего строения и физиологии организмов. В настоящее время в состоянии биологического прогресса находятся цветковые растения, насекомые, брюхоногие моллюски, костные рыбы, птицы и плацентарные млекопитающие.



Рис. 79. Алексей Николаевич Се́верцов (1866—1936)

В природе, однако, наблюдается и *биологический регресс*. Он характеризуется чертами, противоположными биологическому прогрессу: сужением ареала, уменьшением числа видов, популяций, численности особей. В итоге он часто ведёт к вымиранию видов. Например, из многочисленных ветвей древнейших земноводных остались только те, которые привели к образованию современных классов земноводных и пресмыкающихся, в то время как некогда процветавшие динозавры практически полностью вымерли. В настоящее время в состоянии регресса находятся почти все реликтовые группы организмов — древовидные папоротники, двоякодышащие рыбы, яйцекладущие млекопитающие и др.

Пути достижения биологического прогресса. В процессе макроэволюционных изменений биологический прогресс может быть достигнут группой организмов несколькими путями, имеющими различный масштаб и характер. Выделяют три основных пути.

1. *Ароморфоз* (от греч. *airomorphosis* — поднимаю форму) — крупное, принципиально новое, существенное макроэволюционное изменение, повышающее общий уровень организации группы организмов, вследствие чего жизнедеятельность организмов усиливается. Ароморфозы дают значительные преимущества в борьбе за су-

ществование, делают возможным переход в новую среду обитания. К ароморфозам у животных можно отнести появление живорождения, способности к поддержанию постоянной температуры тела, возникновение замкнутой системы кровообращения, а у растений — появление цветка, сосудистой системы, способности к поддержанию и регулированию газообмена в листьях.

2. *Идиоадаптация* (от греч. *idios* — своеобразный и лат. *adaptatio* — приспособление) — это прогрессивные, но мелкие эволюционные изменения, которые повышают приспособленность организмов к условиям среды обитания. Идиоадаптация не сопровождается изменением основных черт организации, общим подъёмом её уровня и повышением интенсивности жизнедеятельности организма. Примером идиоадаптаций является защитная окраска животных или приспособления некоторых рыб (камбала, сом) к жизни у дна — уплощение тела, окраска под цвет грунта, развитие усиков и пр. Другой пример — приспособления к полёту у некоторых видов млекопитающих (летучие мыши, белки-летяги).

Примеры идиоадаптации у растений — многообразные приспособления к перекрёстному опылению цветка насекомыми или ветром, приспособления к рассеиванию семян (рис. 80). Идиоадаптации приводят к возникновению низших таксономических групп (виды, роды, семейства).

3. *Дегенерация* (от лат. *degenero* — вырождение) ведёт к упрощению организации, утрате ряда систем и органов и часто связана с переходом к паразитическому образу жизни. Упрощение организации паразита затрагивает прежде всего системы, необходимые для жизни в открытой среде, но лишние внутри хозяина, — органы ориентации, пищеварения, движения и т. п.

При общем упрощении организации у паразитов возникают специфические приспособления (часто весьма изощрённые) к условиям жизни внутри хозяина. У паразитических червей появляются присоски, крючки, получают значительное развитие органы размножения.

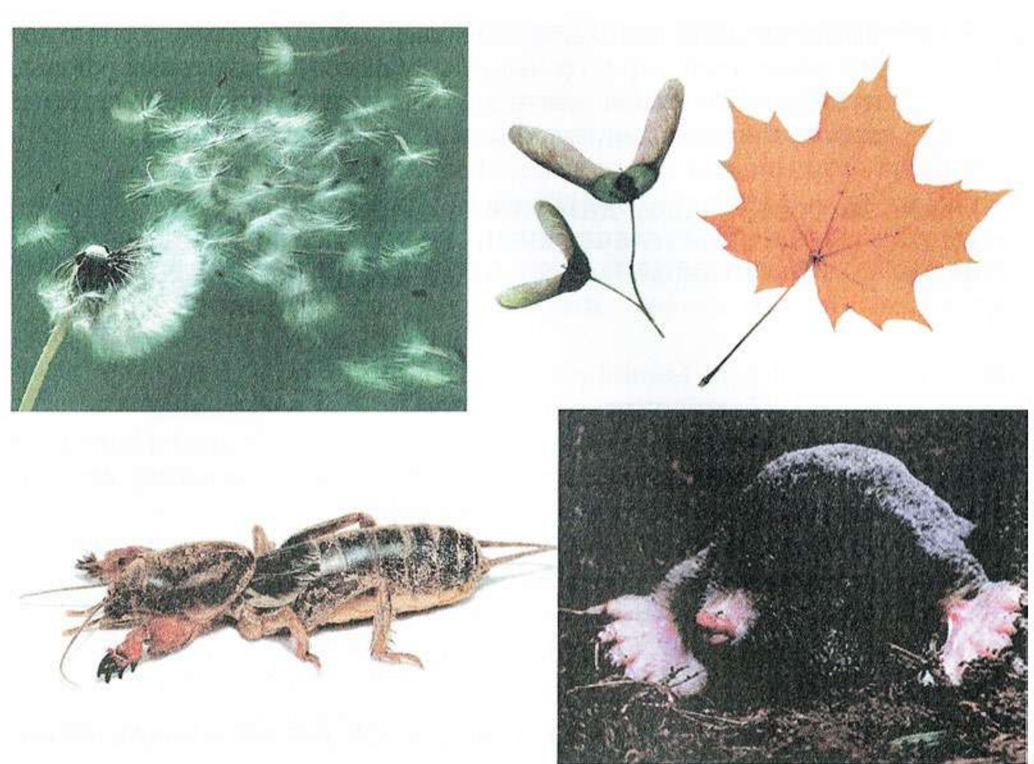


Рис. 80. Идиоадаптации

Пути эволюции крупных систематических групп (например, типов и классов) очень сложны. Нередко в развитии этих групп происходит смена эволюционных линий.

Ароморфозы случаются гораздо реже по сравнению с идиоадаптациями и знаменуют, как правило, новый этап развития органического мира. За каждым ароморфозом следует множество идиоадаптаций, которые обеспечивают более полное использование всех ресурсов среды и освоение новых местообитаний. У животных, например, крупным ароморфозом при переходе на сушу явилось развитие внутреннего оплодотворения, а также ряд приспособлений к развитию зародыша в яйце на суше (вспомните особенности размножения земноводных, пресмыкающихся).

Птицы и млекопитающие заняли господствующее положение среди наземных животных. Постоянная температура тела позволила им выжить в условиях оледене-

ния и проникнуть далеко в холодные страны. Успешному развитию этих групп способствовали и ароморфозы, и идиоадаптации, которые позволили млекопитающим освоить наземную, а птицам — воздушную среду.

МАКРОЭВОЛЮЦИЯ. НАПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ: БИОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС, БИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГРЕСС. АРОМОРФОЗ. ИДИОАДАПТАЦИЯ. ДЕГЕНЕРАЦИЯ

Вопросы

1. Что понимают под макроэволюцией?
2. Какие выделяют главные направления эволюции? Приведите примеры групп организмов, эволюционное развитие которых идёт по названным вами направлениям.
3. Каковы основные пути достижения биологического прогресса? Приведите соответствующие примеры.

Задания

1. Объясните, что общего и в чём состоит различие между макро- и микроэволюцией.
2. Подумайте, какой характер носят изменения, происходящие с организмами при различных направлениях биологического прогресса.
3. Обсудите с одноклассниками вопрос о том, какие направления биологического прогресса сопровождали эволюцию человека вплоть до появления человека разумного.
4. Подготовьте сообщения и/или мультимедийные презентации о доказательствах эволюции.
   Для работы используйте http://www.megabook.ru
   http://evolution2.narod.ru

Краткое содержание главы

Английский натуралист Джон Рей был первым, кто попытался определить критерии, или признаки, по которым можно судить о принадлежности организма к данному виду. Все особи одного вида, считал Рей, могут сво-

бодно скрещиваться в природе и давать потомство того же вида.

Карл Линней, создавший научную систематику, определял виды как целостные группы организмов, отличные от других жизненных форм по признакам строения.

Критериями вида называют характерные признаки и свойства, по которым одни виды отличаются от других. Существуют морфологический, физиологический, экологический, географический, генетический, исторический и другие критерии.

В природе виды распространены не равномерно, а отдельными группами — популяциями. Популяции — самовозобновляющиеся группы организмов, сохраняющие устойчивость во времени и пространстве. Они обладают собственными свойствами, которые присущи только группе особей в целом. Виды объединяются в роды, роды — в семейства, семейства — в отряды, отряды — в классы, классы — в типы, типы — в царства. Каждая из таксономических категорий отражает сходство всё более и более общих характеристик организмов.

Эволюционная идея состоит в утверждении того, что живые существа с течением времени постепенно изменяются. Заслуга Дарвина заключается в том, что он раскрыл главные движущие силы эволюции. Дарвин увидел разительную изменчивость жизненных форм и сделал вывод, что изменения организмов от популяции к популяции соответствуют изменениям условий их обитания.

Наличие передовых свойств позволяет организмам оказываться победителями в борьбе за существование. Выживая, они имеют преимущество в передаче этих передовых свойств своему потомству. Дарвин назвал этот процесс естественным отбором.

Естественный отбор уничтожает менее приспособленные генотипы, следствием чего является увеличение популяционной адаптации к условиям среды. Иногда проявления естественного отбора направлены на то, чтобы поддерживать уже существующие фенотипы. Это стабилизирующий отбор; он обычен там, где условия жизни остаются постоянными в течение длительного периода. Движущий отбор, в противоположность стабилизирую-

щему, способствует изменениям фенотипов. Действие его может проявляться очень быстро в ответ на неожиданные и сильные изменения внешних условий.

Установлено множество изолирующих механизмов, которые могут приводить к ограничениям генного обмена. Благодаря им происходит образование новых видов — видообразование.

Обычно новый вид может возникнуть вследствие расчленения ареала популяции барьерами. Этот процесс может происходить также на периферии ареала исходного вида, где условия жизни отличаются от обычных и где активизируются процессы естественного отбора. Это географическое видообразование.

Нет принципиальных различий между процессами образования новых видов (микроэволюцией) и процессами формирования более высоких таксономических групп (макроэволюцией). В макроэволюции действуют те же процессы: возникновение фенотипических изменений, борьба за существование, естественный отбор, вымирание наименее приспособленных форм.

Результатом макроэволюционных процессов становятся существенные изменения внешнего строения и физиологии организмов. Учёные выделяют следующие характерные направления эволюционных изменений: биологический прогресс и биологический регресс. Основные пути достижения биологического прогресса: ароморфозы, идиоадаптации и дегенерация.

Глава 5

Экосистемный уровень

Популяции не живут изолированно. Они взаимодействуют с популяциями других видов, образуя вместе с ними целостные системы ещё более высокого уровня организации — биотические сообщества, экосистемы. Эти образования развиваются по своим законам. Изучая экосистемный уровень организации живого, рассматривают взаимоотношения организма и среды, условия, определяющие продуктивность экосистем, их устойчивость, а также влияние на них деятельности человека.

Из этой главы вы узнаете

- о составе и основных свойствах экосистем;
- о том, как происходит перенос энергии в сообществах;
- о закономерностях продуцирования биологического вещества;
- о направлениях и темпах изменений природных экосистем.

§ 42. Сообщество, экосистема, биогеоценоз

1. Что объединяет различные организмы, жизнь которых проходит на одной территории?

2. Почему воздействие, оказываемое на один или несколько видов растений или животных (вырубка леса, охота), часто приводит к нарушениям условий жизни всех остальных элементов сообщества организмов?

Элементы экосистем (живые организмы, их неживое окружение — почва, вода, воздух и др.) непрерывно взаимодействуют друг с другом. Их изучением занимается наука *экология*. Она ставит целью выяснить, как поддерживается их устойчивое существование и развитие, какое влияние оказывают на них изменения различных факторов среды.

Биотическим сообществом (*биоценозом*) называется совокупность видов растений и животных, длительное время сосуществующих в определённом пространстве и представляющих собой определённое экологическое единство.

Сообщества — не случайные образования. Об этом свидетельствует то, что в сходных по географическому положению и природным условиям районах возникают похожие сообщества. Озёра средней полосы, например, характеризуются большим сходством фауны и флоры. В составе рыбного населения можно легко обнаружить такие хорошо всем знакомые виды, как плотва, окунь, щука, ёрш и др. При внимательном изучении обнаруживается не только сходство видов, но и сходство связей между ними. Эти связи чрезвычайно разнообразны. Вхо-

дящие в сообщество виды снабжают друг друга всем необходимым для жизни — пищей, укрытиями, условиями для размножения. Взаимодействие видов обеспечивает эффективное использование ресурсов сообщества, препятствует бесконтрольному росту численности тех или иных организмов, т. е. выполняет роль регуляторов, поддерживающих устойчивое функционирование сложных природных систем.

Экосистемы. *Экосистема* (от греч. *oikos* — жилище и *systema* — объединение) — это сообщество живых организмов вместе с физической средой их обитания, объединённые обменом веществ и энергии в единый комплекс.

Виды связаны не только друг с другом, но и с неживой природой. Эта связь осуществляется через вещество и энергию. Примером экосистемы может служить пруд, включающий сообщество его обитателей, физические свойства и химический состав воды, особенности рельефа дна, состав и структуру грунта, взаимодействующий с поверхностью воды атмосферный воздух, солнечную радиацию.

В экосистемах происходит непрерывный обмен энергией и веществом между живой и неживой природой. Энергия и вещество постоянно необходимы живым организмам, и они черпают их из окружающей неживой природы.

Количества вещества и энергии, проходящие через живые организмы, чрезвычайно велики. Даже такой небольшой грызун, как полевая мышь, способен за свою жизнь съесть десятки килограммов зерна; рост растений сопровождается огромным потреблением воды и т. д.

Совершенно ясно, что, если бы живые организмы безвозвратно заимствовали все необходимые им питательные вещества из неживой природы, ничего при этом не возвращая обратно, запасы питательных веществ на Земле иссякли бы и жизнь прекратилась. Этого не происходит, потому что питательные вещества постоянно возвращаются в окружающую среду в результате жизнедеятельности самих организмов. Поглощённые ими из окружающей среды питательные вещества претерпевают

различные превращения, постепенно распадаясь на всё более простые соединения, часть которых идёт на построение самого организма, а остальные в виде продуктов обмена выделяются в среду. Здесь они могут усваиваться растениями. Таким образом, возникает устойчивый круговорот веществ, решающую роль в котором играют живые организмы.

При классификации наземных экосистем обычно используют признаки растительных сообществ, составляющих основу экосистем, и климатические (зональные) признаки. Так, выделяют определённые типы экосистем, например тундра лишайниковая, тундра моховая, лес хвойный (еловый, сосновый), лес лиственный (березняк), лес дождевой (тропический), степь, кустарники (ивняк), болото травянистое, болото сфагновое.

Растительные сообщества (и экосистемы) обычно не имеют резких границ и переходят друг в друга постепенно при изменении природных условий. Например, на границе лесов и тундры на севере нашей страны имеется переходная зона — лесотундра. Здесь чередуются редко-

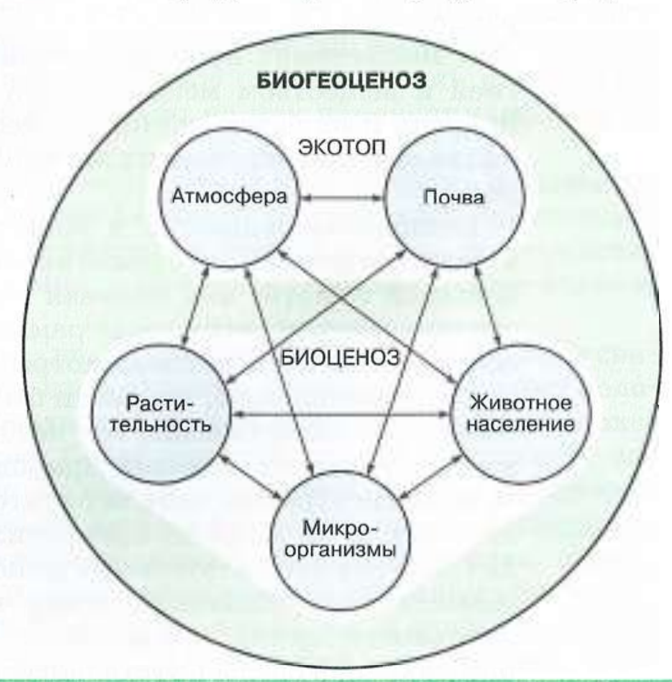


Рис. 81. Схема биогеоценоза

лесья, кустарники, сфагновые болота, луга. На границе леса и степи простирается зона лесостепи. Более увлажнённые участки этой зоны заняты лесом, сухие — степью. От участка к участку меняется не только состав растительности, но и животный мир, особенности вещественно-энергетического обмена между организмами и физической средой их обитания.

Экосистема — очень широкое понятие, применимое как к естественным (например, лес, тундра, озеро, океан), так и к искусственным (например, аквариум) комплексам.

Для обозначения элементарной природной экосистемы экологи часто используют термин *биогеоценоз* (от греч. *bios* — жизнь, *geo* — Земля, *koinós* — сообща, вместе). Биогеоценоз — составная часть природного ландшафта. Граница биогеоценоза устанавливается, как правило, по границе растительного сообщества (фитоценоза) — важнейшего компонента биогеоценоза (рис. 81).

БИОТИЧЕСКОЕ СООБЩЕСТВО, ИЛИ БИОЦЕНОЗ. ЭКОСИСТЕМА. БИОГЕОЦЕНОЗ

Вопросы

1. Какие из известных вам сообществ и экосистем имеют более или менее чёткие границы?
2. Можно ли считать сообществом все популяции птиц, населяющие лесной массив?
3. Какие факторы неживой природы влияют на растительный и животный мир сообщества?

Задания

Назовите, на основании каких признаков аквариум можно рассматривать как искусственную экосистему. Примеры каких ещё искусственных экосистем вы можете привести?

§ 43. Состав и структура сообщества

1. Что такое ярусность растительного сообщества?

2. Как распределено животное население по ярусам в экосистеме леса?

Видовое разнообразие. О составе сообщества судят прежде всего по видовому разнообразию. Под разнообразием понимают видовое богатство сообщества.

Разнообразие живых организмов определяется как климатическими, так и историческими факторами. В районах с мягким устойчивым климатом, с обильными и регулярными осадками, без сильных заморозков и сезонных колебаний температур видовое богатство выше, чем в районах, находящихся в зонах сурового климата, таких, например, как тундры или высокогорья.

Видовое богатство растёт по мере эволюционного развития сообщества. Чем продолжительней развитие экосистемы, тем богаче её видовой состав. В таком древнем озере, как Байкал, например, только лишь рачков-бокоплавов обитает 300 видов.

В любом сообществе, как правило, сравнительно мало видов, представленных большим числом особей или большой биомассой, и сравнительно много видов, встречающихся редко (рис. 82). Виды с высокой численностью играют огромную роль в жизни сообщества, особенно так называемые *виды-средообразователи*.

В то же время редкие виды часто оказываются лучшими показателями состояния сообщества. Это связано с тем, что для поддержания жизни редких видов требуются строго определённые сочетания различных факторов (например, температуры, влажности, состава почв, определённых видов пищевых ресурсов и др.). Поддержание необходимых условий во многом зависит от нормального функционирования экосистем, поэтому исчезновение редких видов позволяет сделать вывод о том, что функционирование экосистем нарушилось.

В сообществах с высоким разнообразием многие виды занимают сходное положение, населяя один и тот же участок пространства. В таком сообществе смена условий жизни под действием, например, изменений клима-

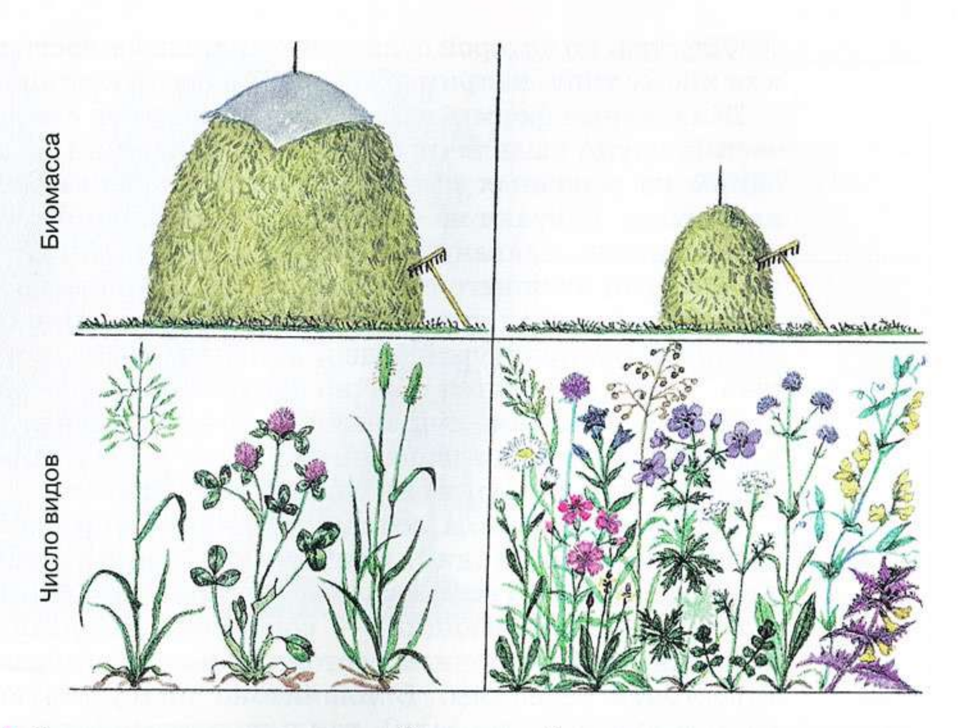


Рис. 82. Соотношение числа видов и их биомассы в биоценозах

та или иных факторов может привести к исчезновению одного вида, однако эта потеря будет компенсироваться за счёт других видов, близких к выбывшему по своей специализации. Таким образом, чем больше разнообразие, тем более устойчивым является сообщество к внезапным изменениям физических факторов или климата.

Морфологическая и пространственная структура сообществ. Определённые типы внешнего строения организмов, возникшие как приспособления к условиям местообитания, называются *жизненными формами*.

Жизненные формы у растений и животных очень разнообразны. Они выделяются по совокупности признаков строения и образа жизни. Так, наиболее распространённые жизненные формы растений — деревья, кустарники, травы.

Набор жизненных форм, их соотношение определяют *морфологическую* (от греч. *morphé* — форма) *структуру*

сообщества, по которой судят о его принадлежности к тому или иному типу, например лес, луг, заросли кустарника.

Жизненные формы животных для разных систематических групп выделяют по разным признакам. У зверей одним из основных признаков для выделения жизненных форм считаются способы передвижения (ходьба, бег, прыжки, плавание, ползание, полёт). Характерными чертами внешнего строения наземных прыгунов, например, являются длинные задние конечности с сильно развитой мускулатурой бёдер, длинный хвост, короткая шея. К ним относятся обычно обитатели открытых пространств: азиатские тушканчики, австралийские кенгуру, африканские прыгунчики и другие прыгающие млекопитающие, живущие на разных континентах.

Жизненные формы водных организмов выделяют по типу их местообитаний. Обитателей водной толщи объединяют в особую жизненную форму *планктон* (от греч. *planktós* — блуждающий) — совокупность организмов, живущих во взвешенном состоянии и не способных противостоять течениям. В планктоне присутствуют как растительные (водоросли), так и животные (мелкие рачки) организмы. Обитатели дна образуют *бентос* (от греч. *bénthos* — глубина).

Различные жизненные формы определённым образом пространственно обособлены друг от друга. Это обособление характеризует *пространственную структуру* сообщества. Любое растительное сообщество, например, разделяется на ярусы — горизонтальные слои, в которых располагаются наземные или подземные части растений определённых жизненных форм. Особенно чётко ярусность выражена в лесных фитоценозах, где насчитывается обычно 5—6 ярусов (рис. 83). Но и в луговых или степных сообществах также можно выделить не менее двух-трёх ярусов.

Морфологическая и пространственная структура сообщества является показателем разнообразия условий жизни организмов, богатства и полноты использования ими ресурсов среды. В определённой мере они характеризуют также устойчивость сообществ, т. е. их способность противостоять внешним воздействиям.

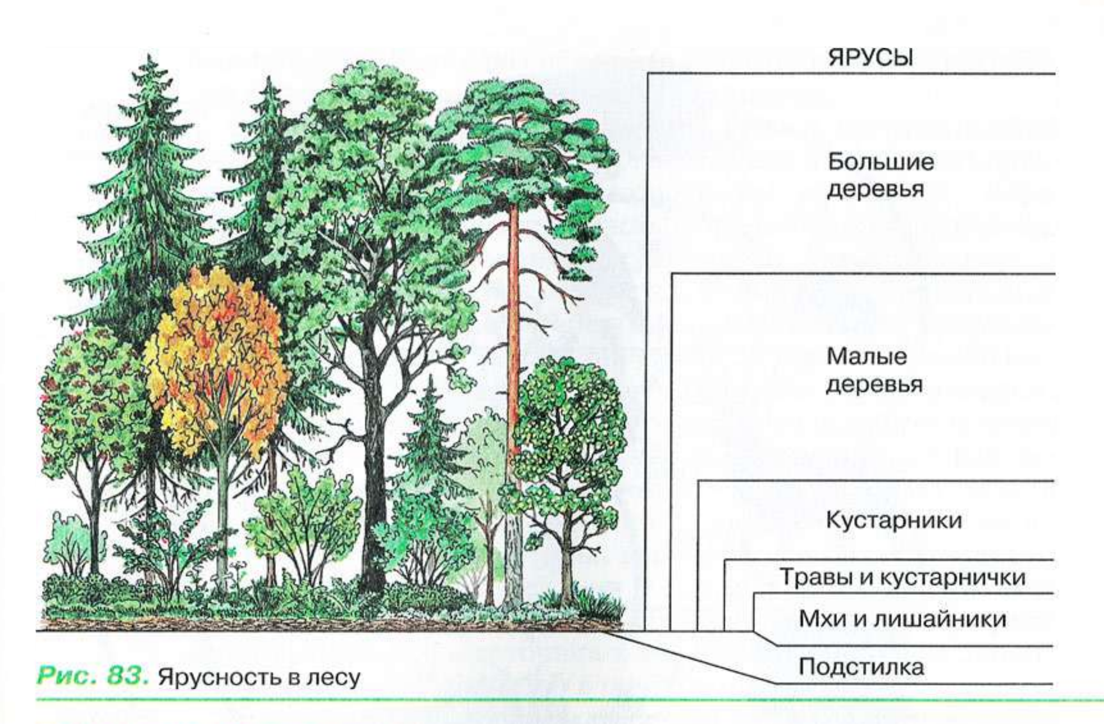


Рис. 83. Ярусность в лесу

Трофическая структура. Разные виды организмов в сообществе оказываются тесно связанными друг с другом, взаимозависимыми друг от друга. Наибольшее значение в природе имеют пищевые связи, благодаря которым осуществляется непрерывный вещественно-энергетический обмен между живым и неживым веществом природы.

Для любого сообщества можно составить схему всех пищевых взаимосвязей организмов. Эта схема имеет вид сети. *Пищевая сеть* (её переплетения бывают очень сложными) обычно состоит из нескольких *пищевых цепей*, каждая из которых является как бы отдельным каналом, по которому передаются вещество и энергия (рис. 84).

Простым примером пищевой цепи является последовательность: растение — растительноядное насекомое — хищное насекомое — насекомоядная птица — хищная птица.

В этой цепи осуществляется однонаправленный поток вещества и энергии от одной группы организмов к другой. На рисунке 84 стрелками изображены потоки вещества в пищевой сети.

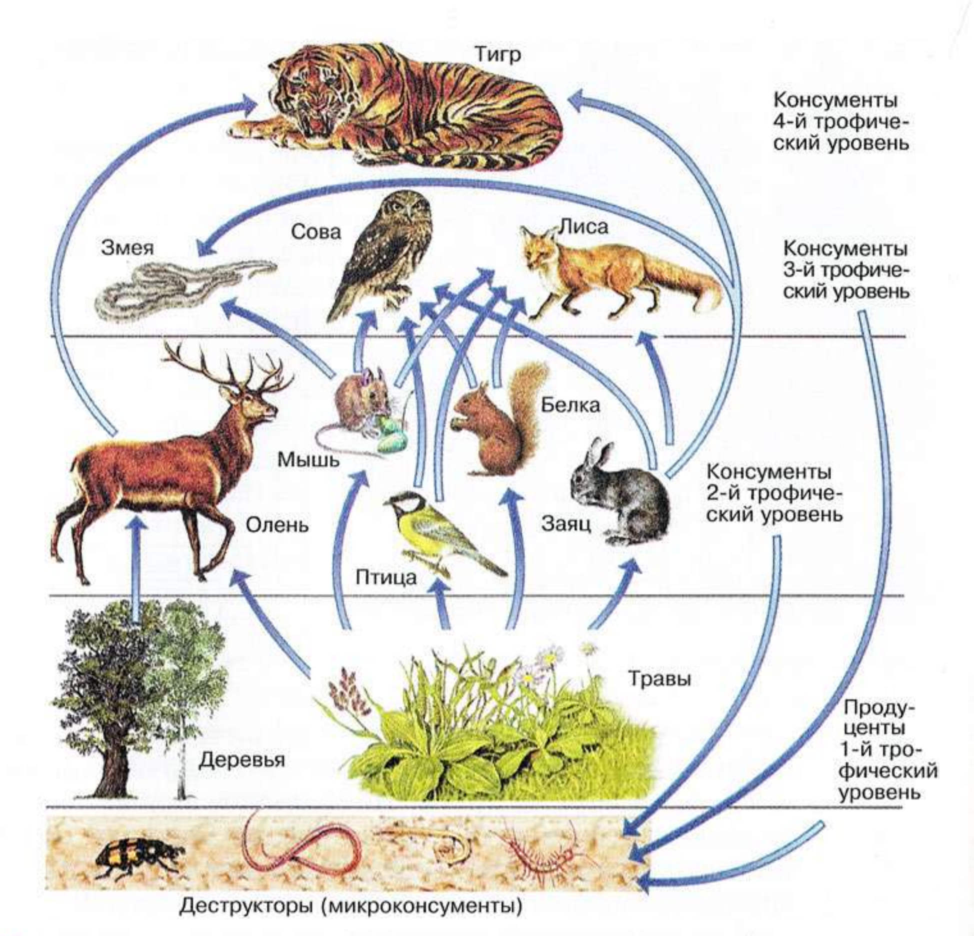


Рис. 84. Пищевая сеть и направления потоков вещества

Разные виды занимают в пищевой цепи разное положение. Лишь зелёные растения способны фиксировать световую энергию и использовать в питании простые неорганические вещества. Такие организмы выделяют в самостоятельную группу и называют *автотрофами* (от греч. *autos* — сам и *trophe* — питание) или *продуцентами* — производителями биологического вещества. Они являются важнейшей частью любого сообщества, потому что практически все остальные организмы прямо или косвенно зависят от снабжения веществом и энергией, запасёнными растениями. На суше автотрофы — это обычно крупные растения с корнями, тогда как в водо-

ёмах их роль берут на себя микроскопические водоросли, обитающие в толще воды (фитопланктон).

Все остальные организмы относятся к *гетеротрофам* (от греч. *héteros* — разный), питающимся готовыми органическими веществами. Гетеротрофы разлагают, перестраивают и усваивают сложные органические вещества, созданные первичными продуцентами. Все животные — гетеротрофы, к ним же относятся и многие микроорганизмы. В свою очередь, гетеротрофные организмы подразделяются на потребителей (консументов) и разлагателей (редуцентов). *Потребители* — это главным образом животные, питающиеся другими организмами (растительными или животными) или измельчёнными органическими веществами. *Редуценты* представлены в основном грибами и бактериями, разлагающими сложные составные компоненты мёртвой цитоплазмы, доводя их до простых органических соединений, которые в последующем могут быть использованы продуцентами. Интенсивная гетеротрофная деятельность сосредоточена в тех местах, где скапливается органическое вещество в почве и иле.

Положение организма в пищевой цепи характеризуется его удалённостью от основного источника поступающей в сообщество энергии. Различные организмы занимают разное положение: в этих случаях говорят, что они располагаются на разных *трофических уровнях*. Автотрофы занимают первый трофический уровень, а гетеротрофы — все последующие трофические уровни: растительноядные организмы — второй, плотоядные — третий, хищники, питающиеся плотоядными животными, — четвёртый и т. д.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ. ВИДОВОЙ СОСТАВ. АВТОТРОФЫ. ГЕТЕРОТРОФЫ. ПРОДУЦЕНТЫ. КОНСУМЕНТЫ. РЕДУЦЕНТЫ. ЯРУСНОСТЬ. РЕДКИЕ ВИДЫ. ВИДЫ-СРЕДООБРАЗОВАТЕЛИ. ПИЩЕВАЯ ЦЕПЬ. ПИЩЕВАЯ СЕТЬ. ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ. ТРОФИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

Вопросы

1. Какие факторы увеличивают видовое богатство сообщества?
2. Какое значение имеют редкие виды?
3. Какие свойства сообщества характеризует разнообразие видов?
4. Что такое пищевая цепь и пищевая сеть? В чём их значение?

Задания

Рисунок 85 упрощённо передаёт структуру двух типов сообществ, относящихся к наземной и к водной экосистемам. Проанализируйте структуру этих экосистем. Сравните особенности, характерные для них. Сделайте вывод о том, чем эти сообщества коренным образом различаются и в чём они сходны.

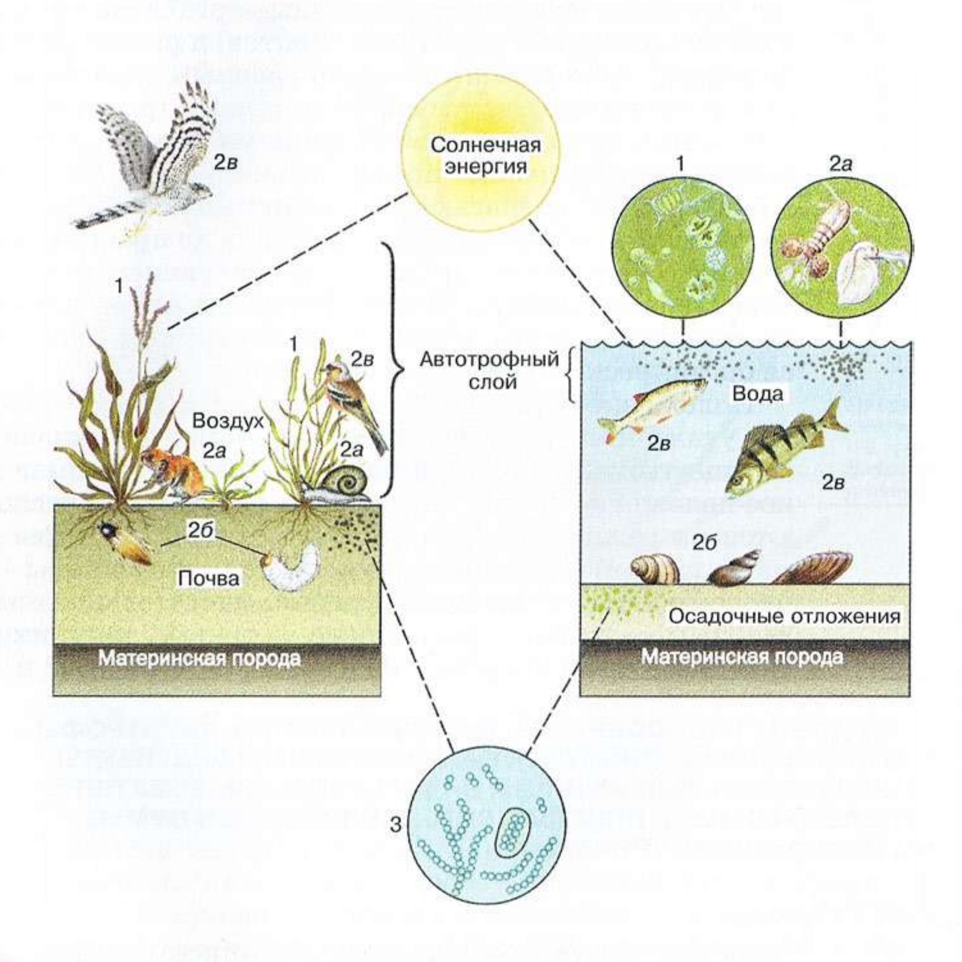


Рис. 85. Общая структура наземной (слева) и водной (справа) экосистем: 1 — продуценты (растительность на сушеи фитопланктон в воде); 2 — консументы: а — травоядные; б — питающиеся детритом (почвенные беспозвоночные на суше, придонные беспозвоночные в воде); в — верховные хищники; 3 — редуценты

§ 44. Межвидовые отношения организмов в экосистеме

1. **Какую роль в природе играют хищники?**
2. **Приведите примеры взаимовыгодных отношений между животными и растениями.**

Организмы взаимодействуют друг с другом в пределах сообщества. Это взаимодействие происходит прямо или опосредованно, через промежуточные звенья. Всевозможные формы влияния организмов друг на друга представляют собой совокупность биотических факторов.

Биотические взаимоотношения чрезвычайно сложны и по-разному протекают в различных условиях. Это делает их труднопредсказуемыми.

Типы биотических взаимоотношений. Все биотические связи можно разделить на шесть типов.

1. Если два вида не влияют друг на друга, то имеет место *нейтрализм* (00). В природе истинный нейтрализм очень редок, поскольку между всеми видами возможны опосредованные взаимодействия, эффекта которых мы не видим в силу неполноты наших знаний.

2. Когда для одного из совместно обитающих видов влияние другого отрицательно, в то время как угнетающий не получает ни вреда, ни пользы, то это *аменсализм* (–0). Пример аменсализма: светолюбивые травы, растущие под елью, страдают от сильного затенения, ель же не испытывает никакого неудобства.

3. Форма взаимоотношений, при которой один вид получает какое-либо преимущество, не принося другому ни вреда, ни пользы, называется *комменсализмом* (+0). Например, крупные млекопитающие (собаки, олени) служат разносчиками плодов и семян с зацепками (вроде репейника), не получая от этого ни ущерба, ни преимуществ.

4. В природе часто встречаются взаимовыгодные связи между видами организмов, при которых они получают обоюдную пользу, — это многообразные *симбиотические взаимоотношения* (++).

Обязательное условие симбиотических отношений — совместная жизнь, определённая степень сожительства организмов.

Классическим примером *симбиоза* являются лишайники, представляющие собой тесное взаимовыгодное сожительство грибов и водорослей. Другой пример симбиоза — взаимоотношения термитов и их кишечных сожителей — жгутиковых. Эти простейшие производят фермент, разлагающий клетчатку на сахара́. Термиты не имеют собственных ферментов для переваривания целлюлозы и без симбионтов погибли бы. А жгутиковые, в свою очередь, находят в кишечнике благоприятные условия, способствующие их выживанию. В свободном состоянии в природе они не встречаются. Широко известный пример симбиоза — сожительство зелёных растений (прежде всего деревьев) и грибов.

Одним из типов взаимополезных связей является *протокооперация* (буквально: первичное сотрудничество) (++). В этом случае совместное существование выгодно для обоих видов, но не обязательно для них, т. е. не является непременным условием их выживания. Примером служит распространение муравьями семян некоторых растений леса, опыление пчёлами разных луговых растений.

Более тесные взаимовыгодные отношения, при которых присутствие каждого из двух видов становится для другого обязательным, называется *мутуализмом* (++). Таковы, например, взаимоотношения узкоспециализированных к опылению растений (инжир, купальница, дурман, орхидные) с опыляющими их видами насекомых.

5. Если два и более вида обладают сходными экологическими требованиями и обитают совместно, между ними может возникнуть *конкуренция*, от которой страдают оба вида (– –).

6. *Хищничество* (+–) — такой тип взаимоотношений организмов, при котором представители одного вида убивают и поедают представителей другого. Это одна из форм пищевых отношений.

Паразитизм (+–) — это форма биотических отношений, при которых организмы одного вида (паразита) живут за счёт питательных веществ или тканей организма другого вида (хозяина). Паразитизм близок к хищниче-

ству, однако в отличие от настоящего хищника паразит не убивает хозяина сразу. Кроме того, обычно он использует живого хозяина и как место своего временного или постоянного проживания. Паразит изнуряет, но не губит хозяина, поскольку тот обеспечивает его существование. Таким образом, паразитизм можно рассматривать как ослабленную форму хищничества.

НЕЙТРАЛИЗМ. АМЕНСАЛИЗМ. КОММЕНСАЛИЗМ. СИМБИОЗ. ПРОТОКООПЕРАЦИЯ. МУТУАЛИЗМ. КОНКУРЕНЦИЯ. ХИЩНИЧЕСТВО. ПАРАЗИТИЗМ

Вопросы

1. Какие примеры положительных и отрицательных взаимоотношений организмов вам известны?
2. Что представляют собой лишайники с точки зрения взаимоотношений организмов?
3. Какова главная особенность симбиоза?

Задания

Конкуренция становится устойчивой (оба вида выживают) при наличии разнообразия внешних условий. Такому же правилу подчиняется и хищничество.
Обсудите, почему так происходит.

§ 45. Потоки вещества и энергии в экосистеме

1. **Приведите примеры разных пищевых цепей в лесном (озёрном, степном) сообществе.**
2. **Какие процессы происходят при переходе с одного трофического уровня на другой?**

Биологическое вещество, производимое зелёными растениями, и запасённая в нём энергия — источник жизни для всех слагающих сообщество видов. Передаваясь по цепям питания, и вещество и энергия претерпевают ряд

превращений. Часть вещества может использоваться как материал для строительства тел организмов, питающихся растениями (которые, в свою очередь, поставляют такой же «строительный материал» хищникам). Вследствие отмирания организмов всё биологическое вещество в конечном счёте достаётся микроорганизмам, участвующим в превращении сложных органических соединений в простые, которые вновь используются растениями. Происходит круговорот веществ в экосистеме.

В отличие от веществ, которые непрерывно циркулируют в экосистеме и всегда могут вновь включаться в круговорот, энергия может быть использована только один раз. Солнце — практически единственный источник всей энергии на Земле.

При перемещении энергии по пищевой цепи с одного уровня на другой скорость её потока (т. е. количество энергии, перешедшей с одного трофического уровня на другой в единицу времени) резко снижается в силу ряда причин. Часть заключённой в пище энергии вообще не усваивается и выводится из организма с экскрементами, часть теряется в процессе биохимической трансформации пищи. Кроме того, далеко не все организмы данного трофического уровня будут съедены потенциальными хищниками и, следовательно, не вся энергия, запасённая в их тканях, перейдёт на следующий трофический уровень. Наконец, много энергии, полученной с пищей, тратится на работу, которую выполняет животное, перемещаясь, охотясь, строя гнездо или производя иные действия, в результате чего выделяется тепло.

Потери энергии при переходе с одного трофического уровня на другой (более высокий) определяют количество этих уровней и соотношение численности хищников и жертв. Подсчитано, что на любой трофический уровень поступает лишь около 10% (или чуть более) энергии предыдущего уровня. Поэтому общее число трофических уровней редко превышает три-четыре.

Пирамиды численности и биомассы. Соотношение живого вещества на разных уровнях подчиняется в целом тому же правилу, что и соотношение поступающей энергии: чем выше уровень, тем ниже общая биомасса и численность

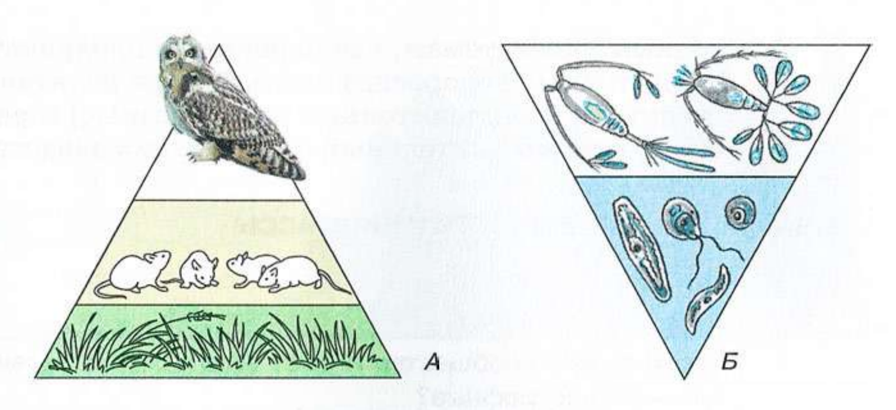


Рис. 86. Пирамиды численности: прямая (*А*) и перевёрнутая (*Б*)

составляющих её организмов. Графически это можно изобразить в виде пирамиды (рис. 86). Такие пирамиды называют *пирамидами численности* и *биомассы*.

Соотношение численности разных групп организмов даёт представление об устойчивости сообщества, ведь биомасса и численность некоторых популяций являются одновременно и показателем величины жизненного пространства для организмов данного и других видов. Например, число деревьев в лесу определяет не только общий запас заключённой в них биомассы и энергии, но и микроклимат, а также количество убежищ для многих насекомых и птиц.

Пирамиды численности отражают только плотность организмов на каждом трофическом уровне, но не скорость самовозобновления организмов. Если скорость размножения популяции жертвы высока, то даже при низкой биомассе такая популяция может быть достаточным источником пищи для хищников, имеющих более высокую биомассу, но низкую скорость размножения.

По этой причине пирамиды численности могут быть перевёрнутыми, т. е. плотность организмов в данный конкретный момент времени на низком трофическом уровне может быть ниже, чем плотность организмов на высоком уровне.

Например, на одном дереве может жить и кормиться множество насекомых (перевёрнутая пирамида численности). Перевёрнутая пирамида биомассы свойственна

водным экосистемам, где первичные продуценты (фитопланктонные водоросли) очень быстро делятся, а их потребители (зоопланктонные ракообразные) гораздо крупнее, но имеют длительный цикл воспроизводства.

ПИРАМИДЫ ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ

Вопросы

1. Какую роль в сообществе играют автотрофные организмы? Какую — гетеротрофные?
2. Какому правилу подчиняется изменение скорости потока энергии по пищевой цепи?
3. Что такое перевёрнутая пирамида численности?

Задания

1. Назовите виды животных и растений, обитающих в вашей местности, занимающих смежные трофические уровни и находящихся в единой пищевой цепи.
2. Подумайте, чем можно объяснить снижение скорости потока энергии по мере удаления от первичного продуцента.
3. Рассчитайте, пользуясь правилом 10%, долю энергии, поступающей на третий трофический уровень, при условии, что её общее количество на первом уровне составляло 100 единиц.

§ 46. Саморазвитие экосистемы

1. Какими изменениями в составе животного и растительного населения сопровождается образование верхового болота?
2. В чём сходство этого процесса с процессом зарастания покинутого сельскохозяйственного поля?

Экологическая сукцессия. Если прекратить возделывать когда-то отвоёванное у леса пахотное поле, то лес, ранее занимавший эту территорию, вновь вернётся сюда. Однако

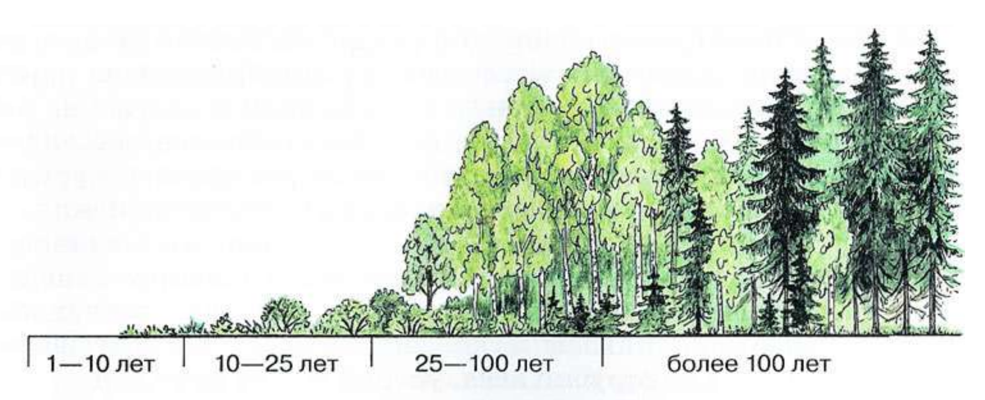


Рис. 87. Сукцессия на покинутом сельскохозяйственном участке

прежде на этом месте возникнет ряд сообществ, которые, сменяя друг друга, подготовят дорогу лесу. Эти сменяющие друг друга сообщества можно уподобить стадиям развития, через которые проходят многие организмы, прежде чем достигнут зрелости.

Последовательная смена одних сообществ другими на определённой территории носит название *экологической сукцессии* (буквально: преемственность) и является закономерной. Сукцессия управляется самим сообществом и не зависит от местоположения или видовой принадлежности составляющих его организмов.

Главная особенность экологической сукцессии состоит в том, что изменения сообщества всегда происходят в направлении, возвращающем его к равновесному состоянию.

Развитие леса на оставленном поле является примером сукцессии (рис. 87).

Каждая стадия сукцессий представляет собой определённое сообщество с преобладанием тех или иных видов и жизненных форм. Они сменяют друг друга, пока не наступит *состояние равновесия*. Сукцессия, которая начинается на лишённом жизни месте (например, на вновь образовавшейся песчаной дюне), называется *первичной сукцессией*. Термин *вторичная сукцессия* относится к сообществам, которые развиваются на месте уже существовавшего ранее сформированного сообщества.

Как пример первичной сукцессии можно назвать поселение накипных и листоватых лишайников на камнях. Со временем выделения лишайников образуют на каменистом субстрате некое подобие почвы, где поселяются всё более высокоорганизованные растения — кустистые лишайники, зелёные мхи, травы и другие растения.

Примером вторичной сукцессии являются изменения, происходящие после раскорчёвки и запашки площадей, занятых прежде лесом (если, конечно, распаханный участок оставлен и впоследствии не обрабатывается), или после порубки леса, устройства пруда и т. д.

Скорость изменений при вторичной сукцессии гораздо выше, чем при первичной. Это объясняется тем, что первичное сообщество оставляет после себя достаточное количество питательных веществ, развитую почву, что значительно ускоряет рост и развитие новых поселенцев.

В ходе сукцессии облик сообщества постоянно меняется. Меняется и функционирование экосистемы. Сукцессия — это закономерный и направленный процесс, поэтому общие изменения, происходящие на той или иной её стадии, свойственны любому сообществу и не зависят от его видового состава или географического местоположения.

Продолжительность сукцессии во многом определяется структурой сообщества. Изучение первичной сукцессии на таких местах, как песчаные дюны, свидетельствует о том, что в этих условиях для достижения равновесия требуются многие сотни лет. Вторичные сукцессии, например на вырубках, протекают гораздо быстрее. Всё же требуется не менее 200 лет, чтобы в условиях умеренного влажного климата смог восстановиться лесной массив.

Значение экологической сукцессии. Зрелое, т. е. достигшее состояния равновесия, сообщество отличается от молодого (т. е. такого, где жизнь только начала развиваться) высокой насыщенностью организмами, их разнообразием, более развитой трофической структурой, уравновешенностью между энергией, получаемой извне и используемой для поддержания жизни. Это позволяет ему противостоять изменениям многих физических факторов (напри-

мер, температуры или влажности) и даже некоторым видам химических загрязнений. Ведь организмы, воздействуя на свою среду, меняют её свойства, делают её более приспособленной для жизни. В то же время почти вся энергия, доступная организмам, составляющим зрелое сообщество, тратится на поддержание их жизнедеятельности.

Молодые сообщества, наоборот, более уязвимы по отношению к внешним воздействиям. Однако молодое сообщество способно продуцировать новую биомассу в гораздо больших количествах, чем зрелое.

Чрезвычайно важно, чтобы обоим типам экосистем человек уделял одинаковое внимание.

Пахотные земли, например, являются молодыми сукцессионными стадиями. Они поддерживаются в таком состоянии благодаря непрерывному труду земледельца. Леса же представляют собой более старые, более разнообразные и более стабильные сообщества.

Люди всё ещё слабо осознают последствия экологических нарушений, совершаемых в погоне за экономической выгодой. Даже тех знаний, которые накоплены экологией в настоящее время, достаточно для уверенности в том, что превращение нашей биосферы в один обширный ковёр пахотных земель таит в себе огромную опасность. Для нашего собственного выживания определённые ландшафты должны быть представлены естественными сообществами.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СУКЦЕССИЯ. РАВНОВЕСИЕ. ПЕРВИЧНАЯ СУКЦЕССИЯ. ВТОРИЧНАЯ СУКЦЕССИЯ

Вопросы

1. В чём заключается главная особенность экологической сукцессии?
2. В чём различия между первичной и вторичной сукцессиями? Приведите примеры.
3. Назовите главные типы сукцессионных изменений.
4. Какими факторами определяется продолжительность сукцессии?

Задания

1. Приходилось ли вам наблюдать сукцессионные изменения в природе? Обсудите свои наблюдения с учащимися класса.
2. Проведите экскурсию в биогеоценоз. Под руководством учителя разработайте план и маршрут экскурсии, выберите объекты для изучения. Подготовьте отчёт по результатам экскурсии и обсудите его в классе.

Краткое содержание главы

Сообщество, экосистема, биогеоценоз, биосфера — крупные природные системы, обладающие рядом собственных свойств и функционирующие как целостные природные объекты. Соотношение элементов природных экосистем определяет их структуру (видовую, пространственную, трофическую), от которой зависят особенности переноса энергии и круговорота веществ. По типу питания организмы делятся на автотрофов («самопитающихся») и гетеротрофов (питающихся готовыми органическими веществами).

Основным каналом переноса энергии в сообществе является пищевая цепь. Перенос энергии по пищевой цепи никогда не бывает полным: часть её рассеивается. Изменения интенсивности потоков энергии приводят к характерным соотношениям численности и биомассы организмов, занимающих разные трофические уровни. Чем выше трофический уровень, тем ниже общая биомасса и численность составляющих его организмов. Важнейшим показателем сообщества является его продуктивность.

Сообщества изменяются во времени. В ходе этих изменений, называемых экологической сукцессией, достигается сбалансированность и повышается устойчивость природных систем.

Глава 6

Биосферный уровень

Биосфера — продукт эволюции Земли. Живое вещество играет огромную роль в развитии нашей планеты. К такому выводу пришёл русский учёный В. И. Вернадский, исследовав состав и эволюцию земной коры. Он доказал, что полученные данные не могут быть объяснены лишь геологическими причинами, без учёта роли живого вещества в геохимической миграции атомов. Биосфера — целостная, сложно организованная система, развивающаяся по своим внутренним законам и под действием внешних сил, в том числе космических.

Из этой главы вы узнаете

- о биосфере и об основных видах средообразующей деятельности организмов и биогеохимических циклах;
- об основных закономерностях и этапах эволюции биосферы;
- о ноосфере как стадии разумного преобразования биосферы человеком;
- об основах рационального природопользования;
- о гипотезах возникновения жизни;
- об основных этапах развития жизни на Земле.

§ 47. Биосфера. Средообразующая деятельность организмов

1. Что такое биосфера?
2. Какие среды жизни вам известны?
3. В чём состоят особенности жизни организмов в той или иной среде?

Понятие биосферы. Оболочку Земли — её сушу, воды и окружающее воздушное пространство, населённое живыми существами, — называют *биосферой*, т. е. сферой жизни. Биосфера представляет собой экосистему, объединяющую все экосистемы Земли.

Состав биосферы и её основные свойства определяются взаимодействием её биотического (живого) и абиотического (неживого) компонентов.

Биосферу можно сравнить с огромной машиной, работа которой зависит от одного решающего фактора — энергии: не будь её, всё немедленно остановилось бы. В биосфере роль основного источника энергии играет солнечное излучение.

Живые организмы не просто зависят от лучистой энергии Солнца, они выступают как гигантский аккумулятор (накопитель) и уникальный трансформатор (преобразователь) этой энергии. О том, как происходит это накопление и преобразование энергии, вы узнаете из последующих разделов учебника.

Биосфера характеризуется разнообразием природных условий, зависящих от широты и рельефа местности, от сезонных изменений климата. Но основная причина этого разнообразия — деятельность самих живых организмов.

Между организмами и окружающей их неживой природой происходит непрерывный обмен веществ, и поэтому разные участки суши и моря отличаются друг от друга по физическим и химическим показателям.

Учёные считают, что на Земле обитает более 2 млн (а реально — до 5 млн) видов живых организмов; каждый вид объединяет миллионы и миллиарды особей, определённым образом распределённых в пространстве. Каждый вид по-своему взаимодействует с окружающей средой. Деятельность живых организмов создаёт удивительное разнообразие окружающей нас природы. Это разнообразие служит гарантией сохранения жизни на Земле.

В пределах биосферы выделяют четыре основные среды обитания. Это *водная среда*, *наземно-воздушная среда*, *почва* и *среда, образуемая самими живыми организмами*. Живя в той или иной среде, организмы приспособились к тем условиям, которые характерны для каждой из них.

Средообразующая деятельность организмов. Живые организмы не только испытывают влияние со стороны окружающей их среды, но и сами активно влияют на среду своего обитания. В результате их жизнедеятельности физические и химические свойства среды (газовый состав воздуха и воды, структура и свойства почвы и даже климат местности) могут заметно меняться.

Наиболее простым способом влияния жизни на среду является механическое воздействие. Строя норы, прокладывая ходы, животные сильно изменяют свойства грунта. Почва изменяется и под действием корней высших растений: она укрепляется, становясь менее подверженной разрушению потоками воды или ветром.

Живущие в толще воды мелкие рачки, личинки насекомых, моллюски, многие виды рыб имеют своеобразный тип питания, который называется *фильтрацией*. Пропуская через себя воду, эти животные непрерывно отцеживают из неё пищевые частицы, содержащиеся в твёрдых взвесях. Эту деятельность можно сравнить с работой гигантского фильтра, ведущего постоянную очистку природных вод.

Механическое воздействие, однако, гораздо слабее по сравнению с воздействием организмов на физико-химические свойства среды. Наибольшая роль здесь принадлежит зелёным растениям, формирующим химический состав атмосферы. Фотосинтез — главный механизм поставки кислорода в атмосферу, тем самым он обеспечивает жизнь огромному количеству организмов, включая и человека.

Поглощая и испаряя воду, растения оказывают влияние на водный режим их местообитаний. Наличие растительности способствует постоянному увлажнению воздуха. Растительный покров смягчает суточные колебания температуры у поверхности земли (под пологом леса или травы), а также колебания влажности и порывы ветра, воздействует на структуру и химический состав почв. Всё это создаёт определённый, комфортный микроклимат, оказывающий благотворное воздействие на обитающие здесь организмы.

Во многом благодаря деятельности живых существ контролируется образование таких газов, как азот, оксид углерода, аммиак.

Живое вещество изменяет и физические свойства среды, её термические, электрические и механические характеристики.

Организмы способны перемещать огромные массы различных веществ. По законам физики неживое вещество перемещается на Земле только сверху вниз. Это определяется силой земного притяжения. Сверху вниз движутся реки, ледники, лавины, осыпи.

Живые организмы могут осуществлять обратные перемещения — снизу вверх. Стаи морских рыб мигрируют на нерест вверх по рекам, перемещая против течения большие количества живого органического вещества. Птицы, питающиеся морскими животными, вместе с экскрементами возвращают на сушу те химические элементы, которые реки выносят с суши в море. Растения поднимают снизу вверх из почвенного раствора в корни, стебли и листья огромные массы воды и растворённые в ней вещества.

Живые организмы оказываются, таким образом, важнейшим звеном в глобальном переносе химических элементов — постоянно происходящем в биосфере круговороте веществ.

Организмы оказывают решающее влияние на состав и плодородие почв. Благодаря их деятельности, в частности в результате переработки организмами мёртвых корней, опавших листьев, иных омертвевших тканей, в почве образуется *гумус* — лёгкое пористое вещество бурого или коричневого цвета, содержащее основные элементы питания растений. В образовании гумуса участвует множество живых организмов: бактерий, грибов, простейших, клещей, многоножек, дождевых червей, насекомых и их личинок, пауков, моллюсков, кротов и др. В процессе жизнедеятельности они преобразуют в гумус животные и растительные остатки, перемешивают его с минеральными частицами, формируя тем самым почвенную структуру.

БИОСФЕРА. ВОДНАЯ СРЕДА. НАЗЕМНО-ВОЗДУШНАЯ СРЕДА. ПОЧВА. ОРГАНИЗМЫ КАК СРЕДА ОБИТАНИЯ. МЕХАНИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ. ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ВЕЩЕСТВА. ГУМУС. ФИЛЬТРАЦИЯ

Вопросы

1. Что характерно для биосферы?
2. Чем объясняется многообразие живых организмов на нашей планете?
3. Могут ли организмы влиять на окружающую их среду?
4. В чём проявляется воздействие живых организмов на среду обитания?

Задания

На основе знаний, полученных на уроках биологии, приведите примеры, показывающие воздействие живых организмов на различные среды жизни.

§ 48. Круговорот веществ в биосфере

1. **Какие вещества организмы используют в процессе жизнедеятельности?**
2. **Почему использование различных веществ растениями и животными не ведёт к истощению их запасов?**

Циркуляция химических элементов (веществ) в биосфере называется *биогеохимическими циклами*. Живые организмы играют в этих процессах решающую роль.

Необходимые для жизни элементы условно называют *биогенными* (дающими жизнь) элементами или питательными веществами. Различают две группы питательных веществ.

К *макротрофным веществам* относятся элементы, которые составляют химическую основу тканей живых организмов. Это углерод, водород, кислород, азот, фосфор, калий, кальций, магний, сера.

Микротрофные вещества включают в себя элементы и их соединения, также необходимые для существования живых систем, но в исключительно малых количествах. Такие вещества часто называют *микроэлементами*. Это железо, марганец, медь, цинк, бор, натрий, молибден, хлор, ванадий и кобальт. Недостаток микроэлементов может оказывать сильное влияние на живые организмы (в частности, ограничивать рост растений), так же как и нехватка биогенных элементов.

Циркуляция биогенных элементов обычно сопровождается их химическими превращениями. Нитратный азот, например, может превращаться в белковый, затем переходить в мочевину, превращаться в аммиак и вновь синтезироваться в нитратную форму под влиянием микроорганизмов. В биохимическом цикле азота действуют различные механизмы, как биологические, так и химические (рис. 88).

В отличие от энергии, биогенные элементы благодаря участию в круговороте могут использоваться неоднократно. Запасы биогенных элементов непостоянны: некоторая их часть связана и входит в состав живой био-

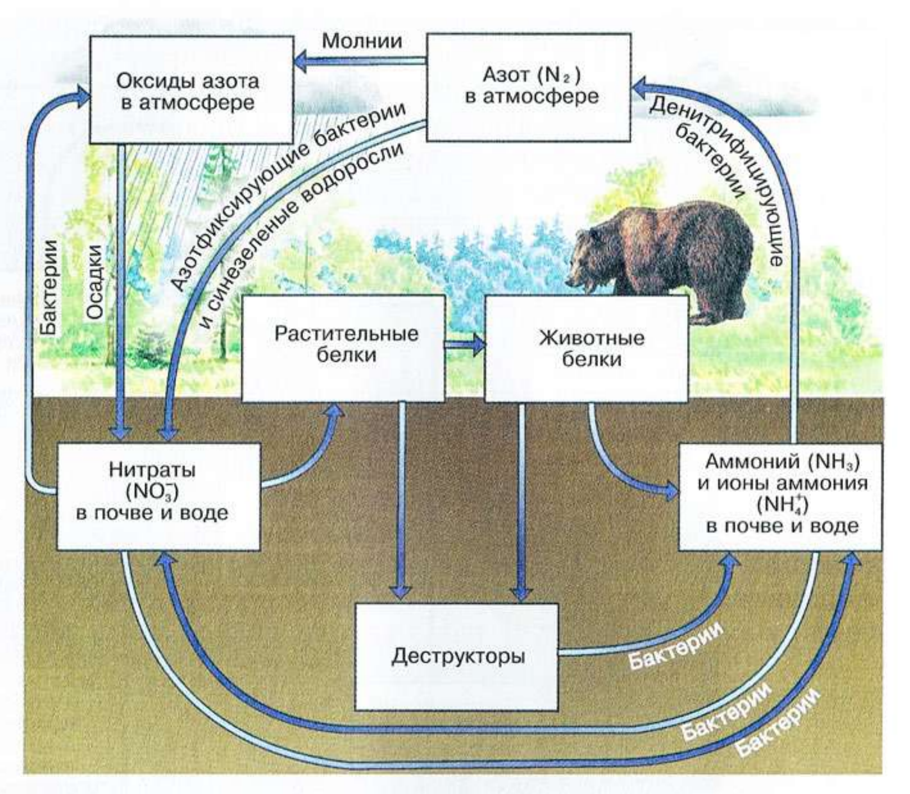


Рис. 88. Биогеохимический цикл азота

массы, что снижает количество, остающееся в среде экосистемы. И если бы растения и другие организмы в конечном счёте не разлагались, запас питательных веществ исчерпался бы и жизнь на Земле прекратилась. Отсюда можно сделать вывод, что активность гетеротрофных организмов, в первую очередь редуцентов, — решающий фактор поддержания круговорота биогенных элементов и сохранения жизни.

Рассмотрим биогеохимический цикл углерода (рис. 89). Естественным источником углерода, используемого растениями для синтеза органического вещества, служит углекислота, входящая в состав атмосферы или находящаяся в растворённом состоянии в воде.

В процессе фотосинтеза углекислота превращается в органическое вещество, служащее пищей животным.

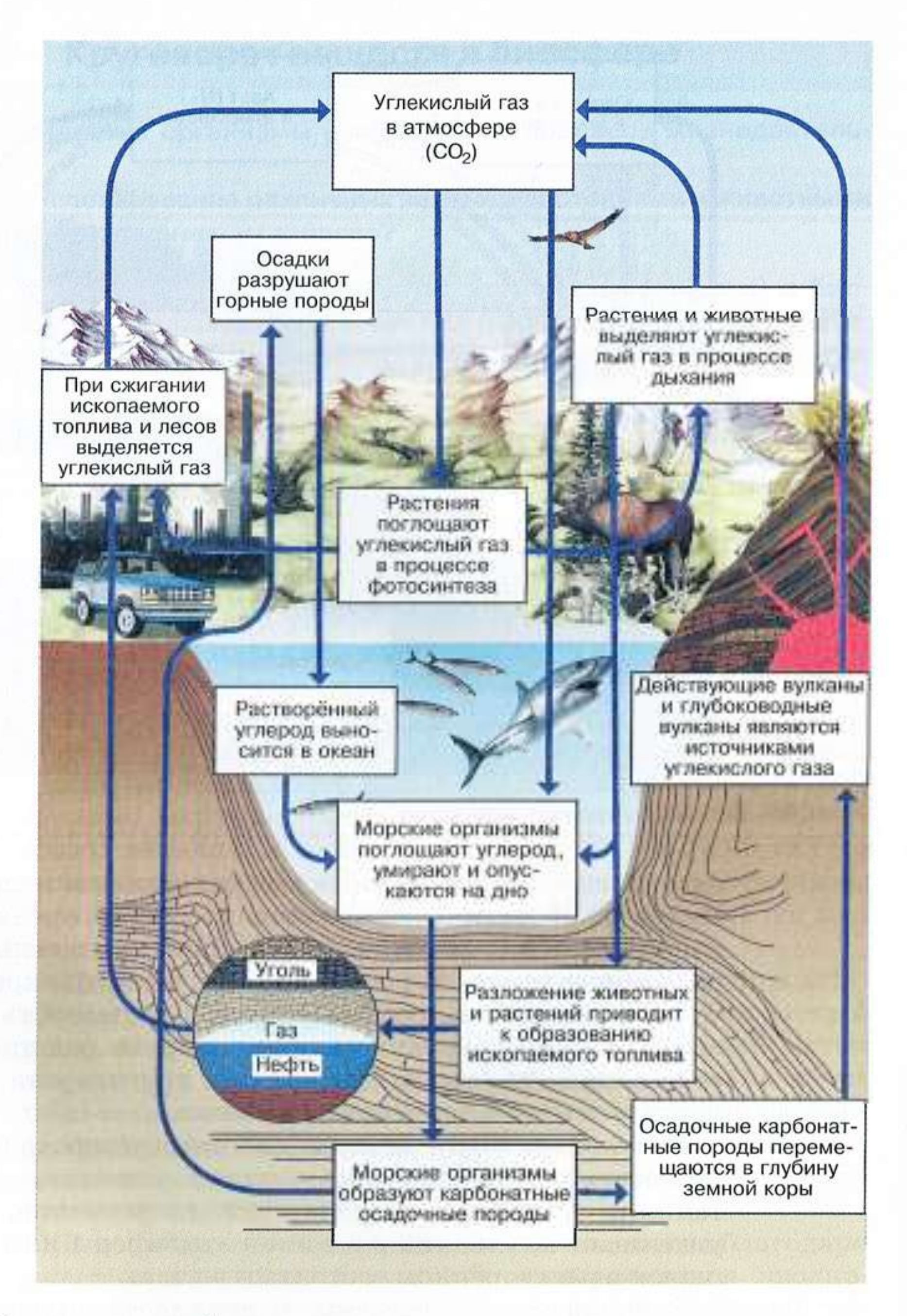


Рис. 89. Биогеохимический цикл углерода

Дыхание, брожение и сгорание топлива возвращают углекислоту в атмосферу.

Запасы углерода в атмосфере оцениваются в 700 млрд т, а в гидросфере — в 50 000 млрд т. Согласно расчётам, за год в результате фотосинтеза прирост растительной массы на суше и в воде равен соответственно 50 и 180 млрд т.

Одним из наиболее простых циклов является цикл фосфора (рис. 90). Основные запасы фосфора содержат различные горные породы, которые постепенно (в результате разрушения и эрозии) отдают свои фосфаты наземным экосистемам.

Фосфаты потребляют растения и используют их для синтеза органических веществ. При разложении трупов животных микроорганизмами фосфаты возвращаются в почву и затем снова используются растениями. Помимо этого часть фосфатов выносится с током воды в море. Это обеспечивает развитие фитопланктона и всех пищевых цепей с участием фосфора. Часть фосфора, содержащаяся в морской воде, может вновь вернуться на сушу в виде

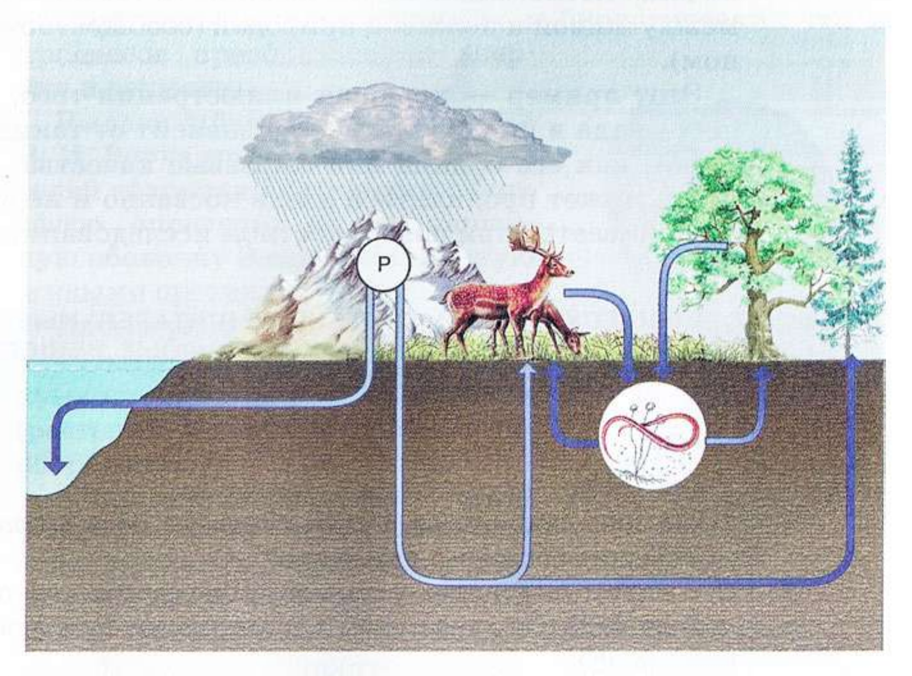


Рис. 90. Биогеохимический цикл фосфора

гуано — экскрементов морских птиц. Там, где они образуют большие колонии, гуано добывают как очень ценное удобрение.

Некоторые организмы могут играть исключительно важную роль в круговороте фосфора. Моллюски, например, фильтруя воду и извлекая оттуда мелкие организмы, их остатки, захватывают и удерживают большое количество фосфора. Несмотря на то что роль моллюсков в пищевых цепях прибрежных морских сообществ невелика (они не образуют плотных скоплений с высокой биомассой, их пищевая ценность невысока), эти организмы имеют первостепенное значение как фактор, позволяющий сохранить плодородие той зоны моря, где они обитают. Популяции моллюсков подобны природным аккумуляторам, только вместо электроэнергии они накапливают и удерживают фосфор, необходимый для поддержания жизни в прибрежных зонах морей.

Иначе говоря, популяция этих организмов более важна для экосистемы как «посредник» в обмене веществом между живой и неживой природой (сообществом и биотопом).

Этот пример — хорошая иллюстрация того, что ценность вида в природе не всегда зависит от таких показателей, как его обилие или сырьевые качества. Эта ценность может проявляться лишь косвенно и не всегда обнаруживается при поверхностном исследовании.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ. БИОГЕННЫЕ (ПИТАТЕЛЬНЫЕ) ВЕЩЕСТВА. МИКРОТРОФНЫЕ И МАКРОТРОФНЫЕ ВЕЩЕСТВА. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

Вопросы

1. Какие типы организмов играют основную роль в поддержании круговорота биогенных элементов?
2. Существует ли строгая связь между биомассой, или продуктивностью, вида и его значением в поддержании функционирования сообщества?

§ 49. Эволюция биосферы

1. Что называется биосферой?

2. Какие автотрофные организмы вам известны?

По современным представлениям, развитие безжизненной геосферы, т. е. оболочки, образованной веществом Земли, происходило на ранних стадиях существования нашей планеты. Изменения облика Земли были связаны с геологическими процессами, происходившими в земной коре, на поверхности и в глубинных слоях планеты, и находили проявление в извержениях вулканов, землетрясениях, подвижках земной коры, горообразовании.

С возникновением жизни сначала медленно и слабо, затем всё быстрее и значительнее стало проявляться влияние живой материи на геологические процессы Земли.

Деятельность живого вещества, проникающего во все уголки планеты, привела к возникновению качественно нового образования — биосферы, тесно взаимосвязанной единой системы геологических и биологических тел и процессов преобразования энергии и вещества.

Выдающийся русский учёный В. И. Вернадский, один из создателей современного учения о биосфере, определил её как наружную оболочку Земли, населённую живыми организмами (рис. 91).



Рис. 91. Владимир Иванович Вернадский (1864—1945)

Биосфера включает в себя:

— живое вещество, т. е. совокупность всех живых организмов (растения, животные, грибы, микроорганизмы);

— биогенное вещество — органоминеральные или органические продукты, созданные живым веществом (торф, каменный уголь, нефть);

— биокосное вещество, созданное живыми организмами вместе

с неживой (косной) природой (водой, атмосферой, горными породами), — почвенный покров;

— косное (мёртвое) вещество, образованное процессами, в которых живые организмы не участвуют (изверженные горные породы, космическая пыль и т. п.).

Биосфера находится в постоянном динамическом равновесии и развитии.

На начальном этапе развития биосферы живые организмы использовали органические соединения первичного океана. Углекислый газ, как побочный продукт обмена веществ, выделялся в атмосферу.

Живые организмы довольно быстро использовали запасы органических веществ первичного океана. Преимущества получили и широко размножились микроорганизмы, например метановые бактерии, способные синтезировать органические соединения из углекислого газа и присутствующего в атмосфере водорода. В результате образовывался метан и высвобождалась энергия, использовавшаяся для процессов жизнедеятельности микроорганизмов. Метан поступал в атмосферу и под действием ультрафиолетового излучения превращался в водорастворимые органические соединения, которые вновь возвращались в воду.

В то время, по мнению учёных, в составе атмосферы концентрация метана, определявшаяся жизнедеятельностью организмов, оставалась примерно на одном уровне (рис. 92).

Такое состояние могло сохраняться до тех пор, пока в земной атмосфере было значительное количество водорода. Когда же запасы газообразного водорода истощились, метановые бактерии уже не могли перерабатывать углекислый газ в метан и таким образом лишились источника энергии для синтеза собственных питательных веществ.

Необходимо было найти источник получения энергии. Им стал фотосинтез. У первых фотосинтезирующих микроорганизмов, как и у современных цианобактерий, фотосинтез протекал без выделения кислорода (рис. 93).

На следующем этапе эволюции появились организмы с более совершенным механизмом фотосинтеза, в результате которого в качестве побочного продукта в атмосферу стал выделяться кислород (рис. 94).

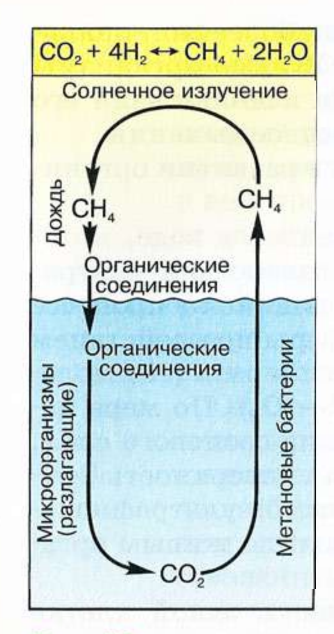


Рис. 92. Схема круговорота углерода на древней Земле

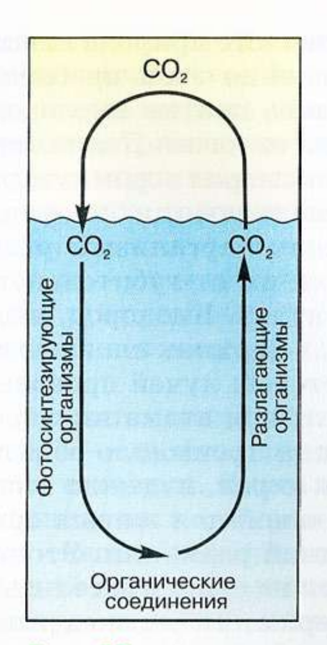


Рис. 93. Схема круговорота углерода с появлением первых фотосинтезирующих микроорганизмов

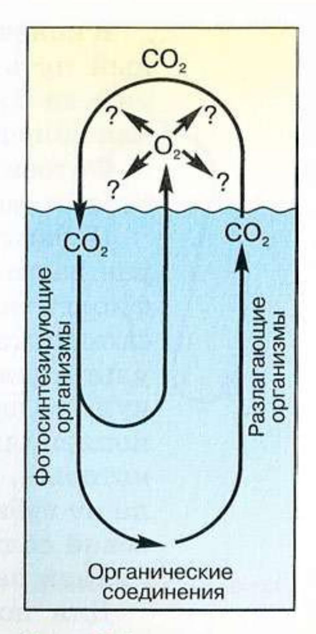


Рис. 94. Схема круговорота углерода с появлением организмов с современным механизмом фотосинтеза

Это вело к изменению состава атмосферы Земли. Теперь в ней становилось всё больше кислорода.

Кислород — сильный окислитель и губителен для анаэробных (живущих в бескислородной среде) организмов. Поэтому для живых организмов того времени он был сильным ядом. Практически кислород стал загрязнителем атмосферы, что привело к экологическому кризису. Живые организмы должны были погибнуть или приспособиться к новым условиям среды. У них стали появляться различные механизмы обезвреживания ядов. Некоторые из них выполняют у современных живых организмов совершенно иные функции. Например, учёные считают, что биохимический механизм, при помощи которого светлячок вырабатывает световую энергию, появился у древних организмов как средство обезвреживания губительного воздействия кислорода.

В конечном итоге природа нашла наиболее рациональный путь решения этой проблемы. Живые организмы уже не боролись против кислорода, а использовали его для получения энергии. Появился процесс дыхания.

Фотосинтез сыграл огромную роль в развитии органического мира и эволюции биосферы.

Первые живые организмы развивались в воде, которая защищала их от губительного воздействия ультрафиолетовых лучей. Кислород, выделявшийся в процессе фотосинтеза, в верхних слоях атмосферы под действием ультрафиолетовых лучей превращался в озон (его молекула содержит три атома кислорода — O_3). По мере накопления озона произошло образование озонового слоя, который, как экран, надёжно защитил поверхность Земли от губительной для живых организмов ультрафиолетовой солнечной радиации. Это позволило живым организмам выйти на сушу и заселить её.

Для поддержания жизнедеятельности одной клетке требуется сравнительно мало энергии. Но чем сложнее организм, тем больше энергии ему необходимо. С появлением дыхания эта проблема была решена. Процесс дыхания обеспечил организмы энергией, что дало толчок к возникновению многоклеточных организмов, их дальнейшему развитию и усложнению.

В процессе дыхания организмы потребляли кислород и выделяли соответствующее количество углекислого газа, который использовался для синтеза органических веществ в процессе фотосинтеза. Постепенно между фотосинтезирующими организмами и гетеротрофами установилось равновесие, которое привело к стабилизации нового состава атмосферы. Сформировались современные круговороты углерода и кислорода (рис. 95).

Таким образом, благодаря жизнедеятельности организмов в биосфере непрерывно протекают процессы синтеза и распада органических веществ и происходят круговороты веществ, обеспечивающие стабильность функционирования биосферы. На разных этапах развития биосферы соотношение процессов синтеза и распада менялось. В начальный период развития биосферы процессы синтеза преобладали над разрушением. Это приве-

ло к тому, что из первичной атмосферы в большом количестве были изъяты метан, сероводород, углекислый газ, а концентрация свободного кислорода, отсутствовавшего в ней прежде, достигла современного уровня — 21%.

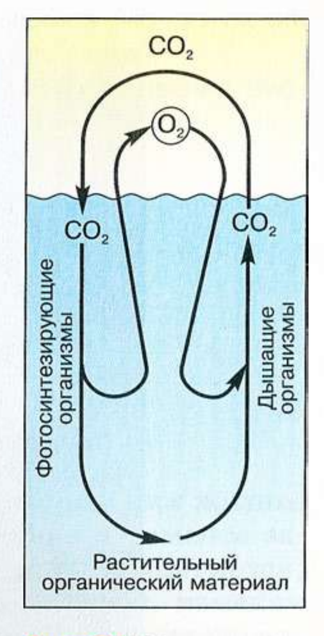


Рис. 95. Схема круговорота углерода и кислорода с появлением у организмов процесса дыхания

В конце мезозоя — начале кайнозоя между этими процессами в биосфере установилось относительное равновесие.

Около 2,5 млн лет назад появились первые люди — далёкие предки современного человека. Вначале люди были охотниками и собирателями. Однако в связи с усовершенствованием орудий охоты человечество весьма быстро, вероятно, всего за два-три тысячелетия, истребило крупных копытных, пещерных медведей и мамонтов — основу своего пищевого рациона того времени (рис. 96). Охота не могла уже обеспечить пропитание людей. Человек оказался на грани голодной смерти и был обречён на вымирание. Он мог бы и совсем исчезнуть с лица планеты, как исчезли многие биологические виды, например саблезубые тигры.

Однако судьба человека оказалась иной. Он перешёл к земледелию, а несколько позднее к скотоводству, т. е. человек преодолел экологический кризис, создав искусственный круговорот веществ в природе.

Человечество стало создавать фактически искусственную среду своего обитания (поселения, жилища, одежду, продукты питания, машины и многое другое). С этих пор эволюция биосферы вступила в новую фазу, где человеческий фактор стал мощной движущей силой.

С появлением промышленности процессы разрушения в атмосфере стали преобладать над процессами созидания, причём эти тенденции становятся всё более выра-

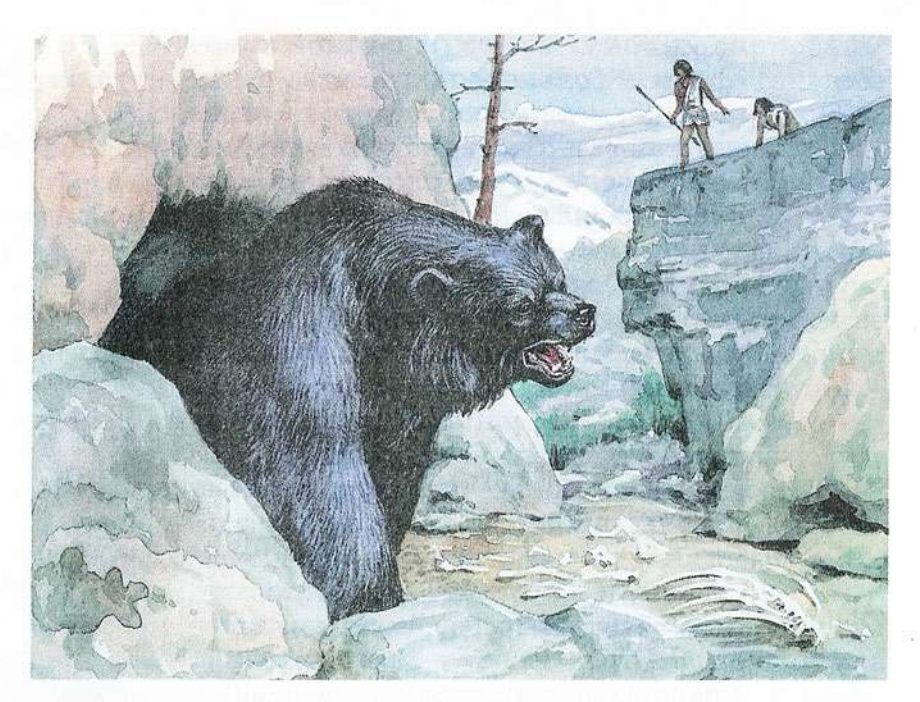


Рис. 96. Охота на пещерного медведя

женными. Биосфера находится на грани нового *экологического кризиса*. Его последствия могут быть катастрофическими для человечества. Чтобы предотвратить беду, необходимо не только изменить промышленные технологии, но и — в первую очередь — перестроить собственное сознание.

ЖИВОЕ ВЕЩЕСТВО. БИОГЕННОЕ ВЕЩЕСТВО. БИОКОСНОЕ ВЕЩЕСТВО. КОСНОЕ ВЕЩЕСТВО. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КРИЗИС

Вопросы

1. Почему можно говорить о взаимосвязи развития органического мира и эволюции биосферы?
2. Какие процессы были характерны для раннего этапа эволюции биосферы?
3. Почему на определённых этапах развития биосферы возникали экологические кризисы?

4. Почему можно утверждать, что надвигающийся экологический кризис является результатом деятельности человека?
5. Можно ли считать завершённым процесс формирования биосферы?

§ 50. Гипотезы возникновения жизни

1. Что такое гипотеза?
2. Чем гипотеза отличается от закона или теории?
3. Что такое научный метод? В чём его основной принцип?

Биосфера — не только сфера распространения жизни, но и результат её деятельности. Начиная с момента зарождения, жизнь постоянно развивается и усложняется, оказывая воздействие на окружающую среду, изменяя её. Таким образом, эволюция биосферы протекает параллельно с историческим развитием органической жизни.

Вопрос возникновения и развития жизни на нашей планете — один из наиболее сложных и в то же время интересных в современном естествознании. С древнейших времён он занимал человечество и был предметом споров не одного поколения учёных. Не только биологи, но и химики, физики, геологи, философы до сего дня принимают активное участие в поисках ответа на него. Это объясняется тем, что решение данной проблемы имеет не только научное, но и мировоззренческое значение.

Основная трудность связана с невозможностью проведения прямого эксперимента по возникновению жизни. Учёные могут лишь моделировать те условия и процессы, которые, по их мнению, могли в конечном счёте привести к появлению жизни на нашей планете. Однако недостаточность наших знаний приводит к тому, что мнения учёных по отдельным вопросам не только не совпадают, но и бывают противоположными.

Различные представления о возникновении жизни можно объединить в пять гипотез:

1) *креационизм* — Божественное сотворение живого;

2) *самопроизвольное зарождение* — живые организмы возникают самопроизвольно из неживого вещества;

3) *гипотеза стационарного состояния* — жизнь существовала всегда;

4) *гипотеза панспермии* — жизнь занесена на нашу планету извне;

5) *гипотеза биохимической эволюции* — жизнь возникла в результате процессов, подчиняющихся химическим и физическим законам.

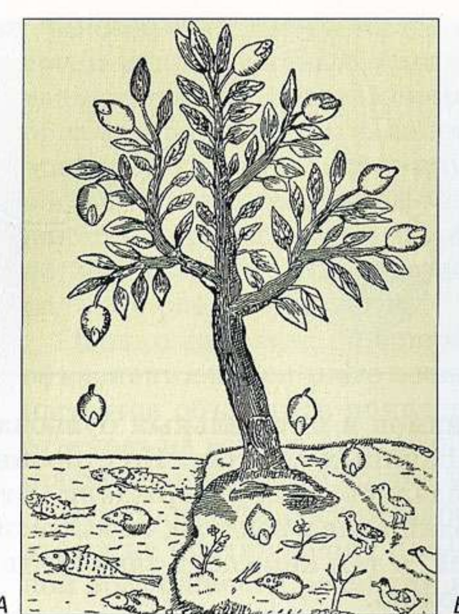
Креационизм (от лат. *creatio* — сотворение) рассматривает возникновение жизни как проявление воли Бога; об этом говорится в Библии и других священных книгах. В настоящее время в США и других странах существуют центры «научного креационизма», пытающиеся обосновать эту гипотезу. Но против «научного креационизма» выступают даже многие священники, считая его не научным и не религиозным, а скорее идеологическим течением.

Священники полагают, что верующие постигают истину через Божественное откровение и веру, а поэтому им не нужны доказательства Божественного возникновения жизни.

Главный принцип научного метода — «ничего не принимай на веру». Следовательно, логически не может быть противоречия между научным и религиозным объяснением возникновения жизни, так как эти две сферы мышления взаимно исключают одна другую.

Процесс Божественного сотворения мира мыслится как имевший место лишь единожды и поэтому недоступный для исследования. Наука занимается только теми явлениями, которые поддаются наблюдению и экспериментальному исследованию. Следовательно, с научной точки зрения гипотезу Божественного возникновения живого нельзя ни доказать, ни опровергнуть. Мы и не будем этим заниматься.

Гипотеза самопроизвольного зарождения жизни с античных времён и до середины XVII в. не подвергалась сомнению. Считалось, что живые существа могут появляться из неживой материи, например рыбы из ила, черви из почвы, мыши из тряпок, мухи из гнилого мяса; предполагалось также, что



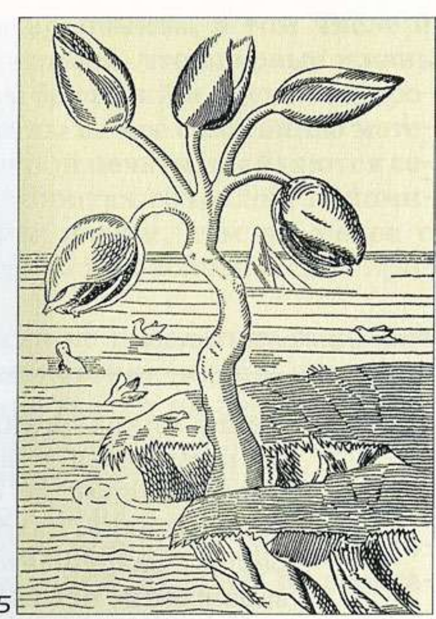


Рис. 97. Старинные представления о самозарождении организмов: *А* — превращение плодов в рыб и птиц; *Б* — превращение плодов в уток

одни формы могут порождать другие, например из плодов могут образовываться птицы и животные (рис. 97).

Первый удар по представлениям о самозарождении нанесли эксперименты итальянского учёного Франческо Реди, который в 1668 г. доказал невозможность самозарождения мух в гниющем мясе. Ф. Реди взял несколько сосудов и поместил в них кусочки мяса. Часть сосудов он оставил открытыми, а часть прикрыл кисеёй. Через несколько дней в открытых сосудах мясо кишело личинками мух, а в закрытых, хотя мясо и гнило, личинок не было. На этом основании был сделан вывод, что личинки появились из отложенных мухами яиц, а не самозародились.

Несмотря на это, идеи самозарождения жизни сохранялись до середины XIX в. Споры между сторонниками и противниками самозарождения особенно усилились после открытия микроорганизмов.

Не дали окончательного ответа на этот вопрос и эксперименты итальянского натуралиста Ладзаро Спалланцани, продемонстрировавшего невозможность самозарож-

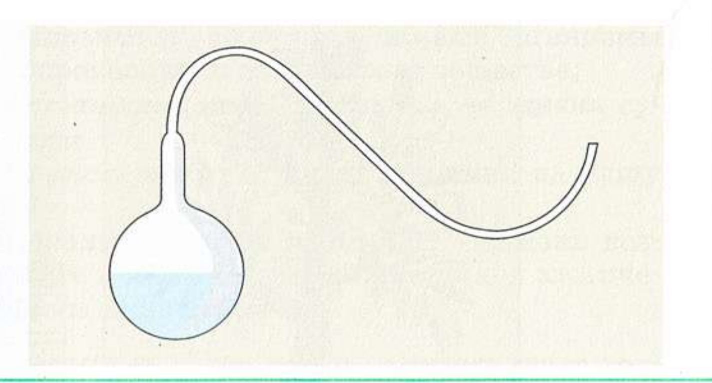


Рис. 98. Колба Пастера

дения микроорганизмов в питательных бульонах после их кипячения в запаянных сосудах. Но сторонники самозарождения не сдались. Они утверждали, что «жизненная сила», находящаяся в воздухе, от высокой температуры разрушается, а так как сосуд запаян, то и самозарождение невозможно.

В 1859 г. Французская академия наук учредила премию тому, кто, наконец, сможет разрешить эту проблему. Эту премию в 1862 г. получил французский учёный Луи Пастер, который провёл простой, но очень показательный эксперимент. Он кипятил бульон в колбах с длинным изогнутым кончиком, в котором оседали все споры микроорганизмов, содержащиеся в воздухе, поступавшем в колбу после кипячения (рис. 98). Хорошо прокипячённая питательная среда оставалась стерильной, хотя доступ воздуха с «жизненной силой» был обеспечен, но стоило смочить бульоном изогнутое колено, как в колбе начиналось интенсивное размножение микроорганизмов.

Так окончательно была опровергнута гипотеза самозарождения жизни. Был сформулирован закон «всё живое из живого», имевший большое значение для развития биологии.

Однако это породило другую проблему. Если для возникновения живого организма необходим другой живой организм, то откуда взялся первый живой организм? Что, в свою очередь, дало толчок к появлению гипотезы панспермии.

Гипотеза панспермии имеет много сторонников, в том числе и среди видных учёных. Они считают, что впервые жизнь возникла не на Земле, а споры бактерий и других микроорганизмов могли быть занесены на неё с помощью метеоритов. Действительно, в научной печати появляются сообщения о нахождении в метеоритах объектов, напоминающих примитивные формы жизни, тем не менее с полной уверенностью говорить об их биологической природе учёные ещё не могут.

Однако гипотеза панспермии не предлагает никакого объяснения первичного возникновения жизни, она лишь пытается объяснить появление жизни на Земле. Она не отвечает на вопрос, как возникла жизнь, а переносит эту проблему в какое-то другое место Вселенной.

Отрицание факта самозарождения жизни в настоящее время не противоречит представлениям о принципиальной возможности развития жизни в прошлом из неорганической материи.

В 20-е гг. XX в. русский учёный А. И. Опарин и англичанин Дж. Холдейн высказали гипотезу о возникновении жизни в процессе биохимической эволюции углеродных соединений. Эта гипотеза и легла в основу современных представлений.

КРЕАЦИОНИЗМ. САМОПРОИЗВОЛЬНОЕ ЗАРОЖДЕНИЕ. ГИПОТЕЗА СТАЦИОНАРНОГО СОСТОЯНИЯ. ГИПОТЕЗА ПАНСПЕРМИИ. ГИПОТЕЗА БИОХИМИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Вопросы

1. Какие гипотезы возникновения жизни вам известны?
2. Почему представление о Божественном происхождении жизни нельзя ни подтвердить, ни опровергнуть?
3. На какой вопрос не отвечает гипотеза панспермии?
4. Какие опыты показали невозможность самозарождения жизни в настоящее время?
5. В чём состоит гипотеза возникновения жизни, предложенная А. И. Опариным и Дж. Холдейном?

§ 51. Развитие представлений о происхождении жизни. Современное состояние проблемы

1. Какие химические соединения называются полимерами?
2. Какое строение имеют белки? Каковы их функции в клетках?
3. Какие нуклеиновые кислоты вам известны? Какие функции они выполняют в клетке?

В 1924 г. А. И. Опарин опубликовал основные положения своей гипотезы происхождения жизни на Земле. Он исходил из того, что в современных условиях возникновение живых существ из неживой природы невозможно. Абиогенное (т. е. без участия живых организмов) возникновение живой материи возможно было только в условиях древней атмосферы и отсутствия живых организмов.

Предполагается, что Солнце и планеты Солнечной системы возникли из облака космической пыли. Возраст Земли составляет более 5 млрд лет. Сначала температура Земли была очень высокой, по мере её остывания тяжёлые вещества оседали к центру и образовывали ядро планеты, а более лёгкие — её оболочку. Постепенно газы, вовлечённые во внутренние слои планеты, начали выделяться, и благодаря им образовалась земная атмосфера. В её состав входили метан (CH_4), аммиак (NH_3), углекислый газ (CO_2), водород (H_2), вода (H_2O). Когда температура поверхности планеты стала ниже 100 °С, из водяных паров атмосферы образовались первичные моря и океаны.

Постоянные ливни и сильнейшие грозовые разряды сотрясали первичную атмосферу планеты. В этих условиях, по мнению А. И. Опарина, под действием мощных электрических разрядов, а также ультрафиолетового излучения (кислород в атмосфере отсутствовал, и, следовательно, не было защитного озонового экрана) и высокой радиации могли возникать органические соединения, которые накапливались в океане, образуя «первичный бульон».



Рис. 99. Опыт, имитирующий условия первичной атмосферы Земли

В 1953 г. это предположение А. И. Опарина было экспериментально подтверждено опытами американского учёного С. Миллера. В созданной им установке (рис. 99) были смоделированы условия, предположительно существовавшие в первичной атмосфере Земли. В результате опытов были получены аминокислоты. Сходные опыты многократно повторялись в различных лабораториях и позволили доказать принципиальную возможность синтеза в таких условиях практически всех мономеров основных биополимеров. В дальнейшем было установлено, что при определённых условиях из мономеров возможен синтез более сложных органических биополимеров: полипептидов, полинуклеотидов, полисахаридов и липидов.

Следующим этапом, по мнению А. И. Опарина, было образование многомолекулярных комплексов — коацерватов. Известно, что в концентрированных растворах белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов при определённых условиях могут образовываться сгустки, на-





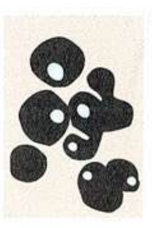


Рис. 100. Коацерватные капли, полученные в экспериментальных условиях

зываемые коацерватными каплями или коацерватами (рис. 100). Коацерваты могут расти за счёт синтеза новых соединений, происходящего с участием химических веществ, поступающих в них из раствора.

Коацерваты — это ещё не живые существа. У них проявляются лишь некоторые признаки, характерные для живых организмов, — рост и обмен веществ с окружающей средой.

А. И. Опарин полагал, что решающая роль в превращениях неживого в живое принадлежит белкам. Белковые коацерваты он рассматривал как пробионты — предшественники живого организма. В коацерватные капли из внешней среды поступали ионы металлов, выступавшие в качестве первых катализаторов. Из огромного количества химических соединений, присутствовавших в «первичном бульоне», отбирались наиболее эффективные в каталитическом отношении комбинации молекул, что в конечном счёте привело к появлению ферментов.

На границе между коацерватами и внешней средой выстраивались молекулы липидов, что приводило к образованию примитивной клеточной мембраны.

Предполагается, что на определённом этапе белковые пробионты включили в себя нуклеиновые кислоты, создав единые комплексы.

Взаимодействие белков и нуклеиновых кислот привело к возникновению таких свойств живого, как самовоспроизведение, сохранение наследственной информации и её передача последующим поколениям.

Пробионты, у которых обмен веществ сочетался со способностью к самовоспроизведению, можно уже рассматривать как примитивные проклетки, дальнейшее

развитие которых происходило по законам эволюции живой материи.

Дж. Холдейн также выдвинул гипотезу абиогенного происхождения жизни. Согласно его взглядам, впервые изложенным в 1929 г., первичной была не коацерватная система, способная к обмену веществ с окружающей средой, а макромолекулярная система, способная к самовоспроизводству. Другими словами, А. И. Опарин отдавал первенство белкам, а Дж. Холдейн — нуклеиновым кислотам.

Гипотеза Опарина—Холдейна завоевала много сторонников, так как возможность абиогенного синтеза органических биополимеров получила экспериментальное подтверждение.

Однако она имеет и слабую сторону, на которую указывают её оппоненты. В рамках данной гипотезы не удаётся объяснить главную проблему: как произошёл качественный скачок от неживого к живому.

Современные гипотезы происхождения жизни. В настоящее время подавляющее большинство учёных поддерживают идею абиогенного зарождения жизни в процессе биохимической эволюции. Но вопросы о том, где и когда происходил абиогенный синтез органических соединений, а главное — как произошёл качественный скачок от неживого к живому, пока остаются спорными.

А. И. Опарин считал, что первые живые организмы появились 3,5—3 млрд лет назад. Значит, долгое время на Земле шла химическая эволюция, приведшая к образованию первых живых организмов. Однако современные биохимические и геохимические данные всё больше свидетельствуют в пользу того, что жизнь на нашей планете зародилась значительно раньше. В связи с этим многие учёные считают, что образование основной массы органических соединений произошло за пределами Земли, в период, предшествовавший её формированию.

Действительно, органические соединения обнаружены в телах Солнечной системы, в частности в некоторых типах метеоритов. Метеориты, выпадая на поверхность сформировавшейся Земли, обогащали её органическими соединениями, которые могли включаться в дальнейшую химическую эволюцию.

Сейчас достоверно известно, что химическая эволюция соединений углерода протекает практически на всех космических объектах, но уровня, необходимого для возникновения предклеточных структур и, далее, первичных организмов, такая эволюция, по мнению учёных, может достигнуть лишь на планетах типа Земли.

Наиболее сложен для объяснения вопрос: как в процессе химической эволюции произошло объединение двух функций — каталитической, присущей белкам-ферментам, и информационно-генетической, которую выполняют нуклеиновые кислоты (ДНК)? Ведь только в этом случае возможен качественный скачок от неживого к живому.

Сторонники химической эволюции считали, что на протяжении многих миллионов лет в «первичном бульоне» происходили постоянные взаимодействия различных молекул, которые в конечном счёте случайно привели к удачному сочетанию и образованию такого белково-нуклеинового комплекса в пробионте.

Скептики же совершенно справедливо отмечали, что вероятность такой счастливой случайности практически равна нулю.

Возможно, ключ к пониманию данной проблемы дадут открытия, сделанные при изучении РНК.

Считалось, что носителем генетической информации является только ДНК, но оказалось, что РНК также обладает «генетической памятью». Более того, некоторые РНК имеют явно выраженную каталитическую активность и способны к саморепродукции в отсутствие белковых ферментов. Таким образом, древняя РНК могла совмещать в себе каталитические и информационно-генетические функции, что обеспечивало макромолекулярной системе способность к саморепродукции.

Если данное предположение верно, то, очевидно, дальнейшая эволюция шла в направлении РНК $\longrightarrow$ белок $\longrightarrow$ ДНК.

Таким образом, в настоящее время мы не можем считать, что проблема происхождения жизни решена. Учёные продолжают искать наиболее перспективные пути её решения. Большую роль в этих поисках могли бы сыг-

рать данные космических исследований: теоретически жизнь возможна и в других областях Вселенной.

Современное состояние проблемы. В настоящее время не вызывает сомнения тот факт, что жизнь, прежде чем она достигла современного многообразия, прошла длительный путь эволюции.

Вы уже знаете, что существует много гипотез, пытающихся объяснить возникновение и развитие жизни на на-

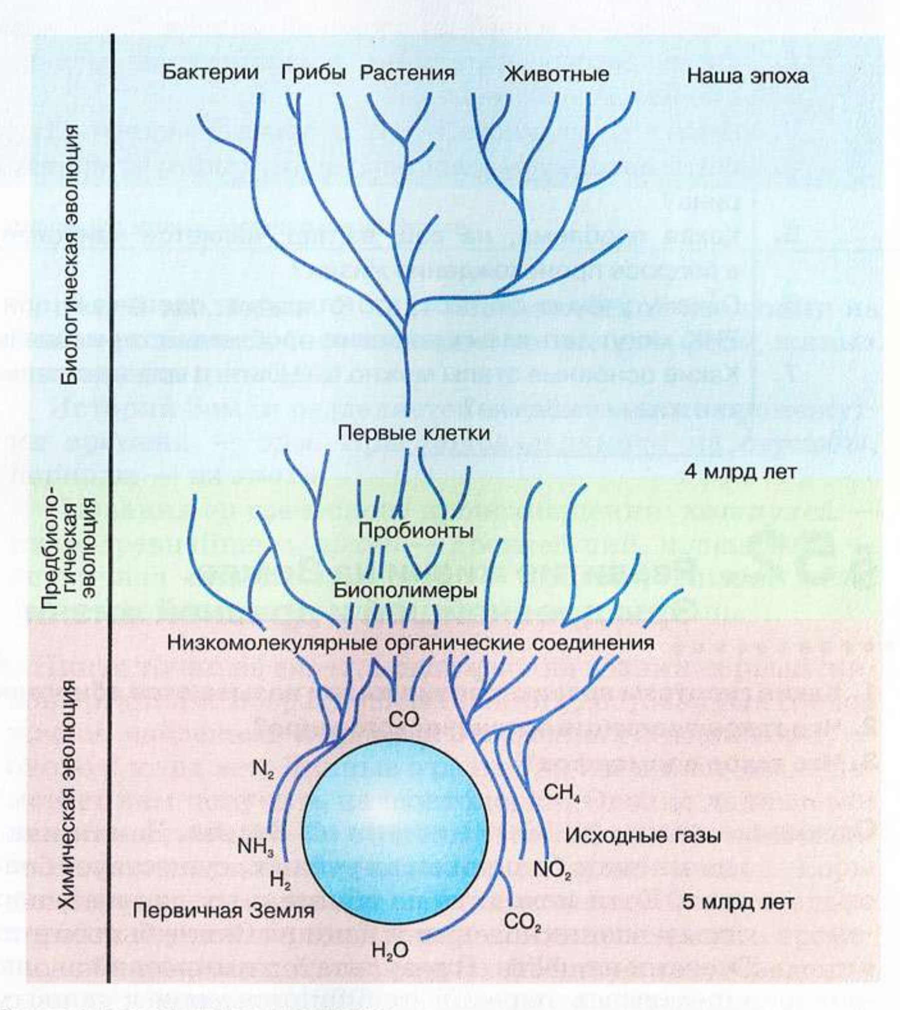


Рис. 101. Основные этапы развития жизни

шей планете. И хотя они предлагают различные подходы к решению данной проблемы, большинство из них предполагает наличие трёх эволюционных этапов: химической, предбиологической и биологической эволюции (рис. 101).

КОАЦЕРВАТЫ. ПРОБИОНТЫ

Вопросы

1. Перечислите основные положения гипотезы А. И. Опарина.
2. Какие экспериментальные доказательства можно привести в пользу данной гипотезы?
3. В чём отличия гипотезы А. И. Опарина от гипотезы Дж. Холдейна?
4. Какие доводы приводят оппоненты, критикуя гипотезу А. И. Опарина?
5. Какая проблема, на ваш взгляд, является наиболее сложной в вопросе происхождения жизни?
6. Почему учёные считают, что открытия, сделанные при изучении РНК, могут дать ключ к решению проблемы возникновения жизни?
7. Какие основные этапы можно выделить в возникновении и развитии жизни на Земле?

§ 52. Развитие жизни на Земле. Эры древнейшей и древней жизни

1. Какие гипотезы возникновения жизни называются абиогенными?
2. Что такое эволюция органического мира?
3. Что такое ароморфоз?

Основные этапы развития жизни на Земле. Земля как планета, по мнению большинства учёных, существует более 5 млрд лет. Если исходить из абиогенных гипотез, первым шагом в возникновении жизни на Земле был синтез органических веществ. В результате химической эволюции осуществился переход от биополимеров к первым живым организмам, которые уже развивались по законам биоло-

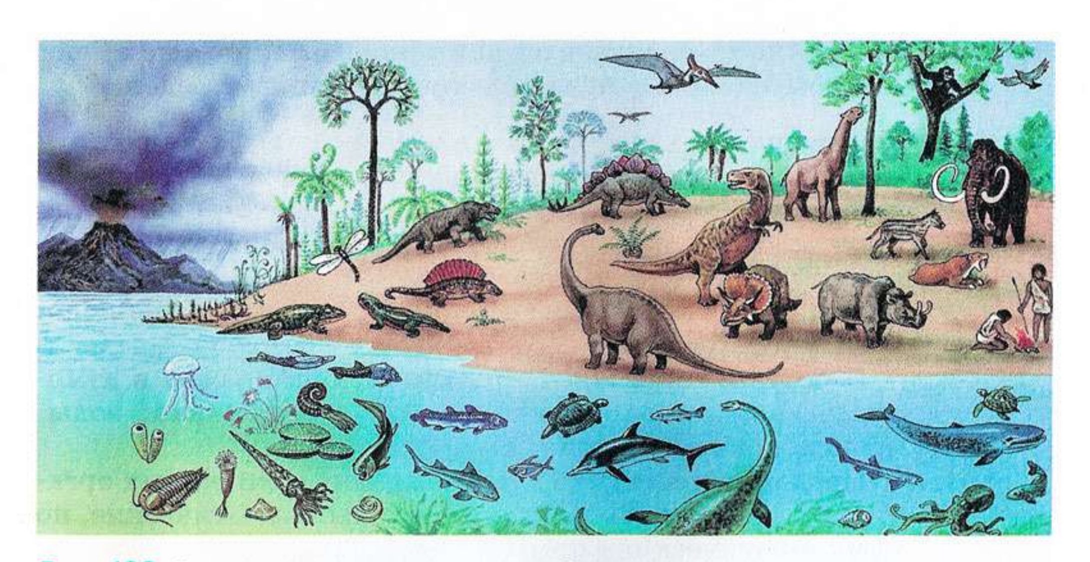


Рис. 102. Эволюция живых организмов на Земле

гической эволюции. В ходе биологической эволюции на Земле появилось бесчисленное множество форм живых организмов (рис. 102).

История Земли разделяется на длительные промежутки времени — *эры*. Эры подразделяются на *периоды*, периоды — на *эпохи*.

Названия эр греческого происхождения: *катархей* — ниже древнейшего, *архей* — древнейший, *протерозой* — первичная жизнь, *палеозой* — древняя жизнь, *мезозой* — средняя жизнь, *кайнозой* — новая жизнь.

Катархей. Никто точно не знает, когда именно возник первый живой организм. Возраст самых ранних достоверных следов жизни, найденных в древних отложениях земной коры, — около 4 млрд лет. Данные о развитии жизни на Земле помогает нам получить палеонтология. Однако данные эти далеко не полные. По степени своей геологической и палеонтологической изученности историю земной коры можно разделить на две неравные части. Относительно хорошо изучен поздний интервал геологического времени, охватывающий последние 570 млн лет. Сведения о более раннем (от 4600 до 570 млн лет назад) геологическом времени очень скудны. Это объясняется тем, что

в большинстве случаев организмы того периода не имели твёрдого скелета и практически не оставили следов.

Архей. О жизни в архее мы судим в основном по наличию в эту эру пород органического происхождения — графита, известняка, мрамора и др. Считается, что они являются результатом жизнедеятельности бактерий, господствовавших в архее на нашей планете. В отложениях архея найдены остатки цианобактерий, способных к бескислородному фотосинтезу.

В результате жизнедеятельности организмов в атмосфере снижается содержание метана, аммиака, воды, происходит накопление CO_2.

Предполагается, что в конце архея среди живых организмов встречались уже не только прокариотические, но и эукариотические формы.

Протерозой. В протерозое — эре ранней жизни — продолжалось усложнение организмов, совершенствовались способы питания и размножения.

Широкого распространения и многообразия достигали водоросли. Возникли формы многоклеточных водорослей, которые вели прикреплённый образ жизни и имели сложно дифференцированное слоевище, или таллом.

Среди животных возникло колоссальное разнообразие кишечнополостных и губок. К концу протерозойской эры появились все типы беспозвоночных, а также первые хордовые животные — подтип бесчерепных. В протерозойских отложениях находят остатки различных червей, моллюсков, примитивных членистоногих (рис. 103).

Крупнейшими ароморфозами протерозоя считаются появление животных с двусторонней симметрией тела и возникновение первых хордовых животных. Их единственным потомком, сохранившимся до наших дней, по-видимому, можно считать ланцетника.

Практически вся жизнь была сосредоточена в водной среде. Суша была безжизненна, лишь по берегам водоёмов, в результате деятельности бактерий и других микроорганизмов, происходили процессы почвообразования.



Рис. 103. Флора и фауна позднего протерозоя: 1 — многоклеточные водоросли; 2 — губки; 3 — медузы; 4 — археоциаты — вымершие примитивные беспозвоночные; 5 — примитивное членистоногое

Продолжалось накопление кислорода в атмосфере и обогащение кислородом вод, что способствовало появлению более высокоразвитых гетеротрофных организмов.

Палеозой. В палеозое — эре древней жизни — выделяют следующие периоды: *кембрийский* (*кембрий*), *ордовикский* (*ордовик*), *силурийский* (*силур*), *девонский* (*девон*), *каменноугольный* (*карбон*) и *пермский* (*пермь*).

В начале палеозоя жизнь господствовала в основном в морях. На суше по-прежнему жили лишь бактерии и цианобактерии.

В морях кембрия господствовали многочисленные водоросли; среди животных появились беспозвоночные, покрытые твёрдым скелетом, который строился из карбоната и фосфата кальция, хитина и кремнезёма. Животный мир был представлен в основном донными организмами, такими как коралловые полипы, губки, черви, археоциаты, различные иглокожие и членистоногие. Наибольшего распространения достигли древнейшие

членистоногие — *трилобиты*. Их тело было заключено в хитиновый панцирь, расчленённый на 40—50 сегментов. От каких-то перешедших к хищничеству трилобитообразных произошли ракоскорпионы. В позднем кембрии появляются головоногие моллюски (рис. 104).

В ордовике произошло самое сильное в истории Земли затопление суши, в результате большая её часть покрылась огромными болотами. В морях были распространены членистоногие и головоногие моллюски. Появились первые бесчелюстные позвоночные, отдалёнными потомками которых являются современные миноги и миксины.

В силуре произошло два знаменательных события: выход растений и беспозвоночных на сушу. Первые наземные растения — *риниофиты* — занимали промежуточное положение между водорослями и наземными сосудистыми растениями (рис. 105). Они уже имели проводящую систему, но дифференциации на органы у них ещё не произошло. Дальнейшая эволюция растений на суше была направлена на дифференцировку таллома на

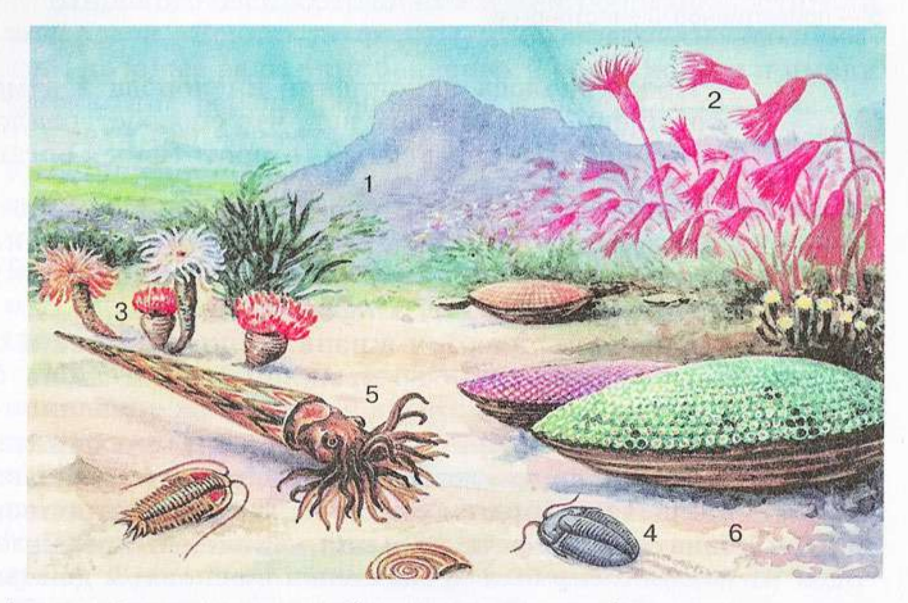


Рис. 104. Флора и фауна позднего кембрия: 1 — водоросли; 2 — морские лилии; 3 — одиночные кораллы; 4 — трилобит; 5 — головоногий моллюск; 6 — колония коралловых полипов

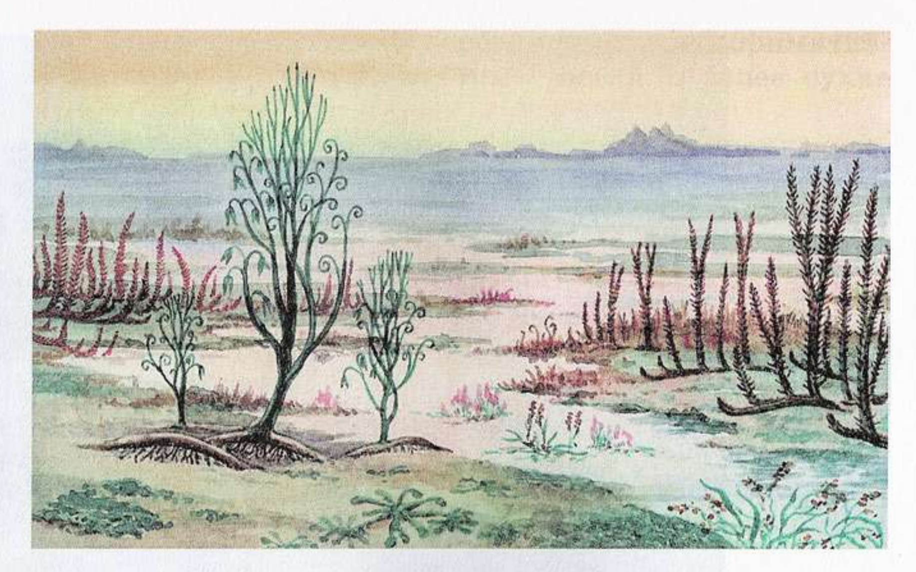


Рис. 105. Первые наземные растения

органы и совершенствование полового размножения. Очевидно, в силуре появились грибы и первые лишайники.

В девоне широко распространились хвощи, плауны, папоротники. Наибольшего расцвета они достигли в каменноугольный период. Этому способствовал тёплый и влажный климат карбона (рис. 106). Возникшие голосеменные могли поселяться в более сухих местах, так как их размножение не зависело от наличия воды.

Первыми наземными беспозвоночными были многоножки и паукообразные. Они, очевидно, произошли от каких-то трилобитообразных.

В девоне появились примитивные челюстноротые рыбы. Они имели хрящевой скелет и были покрыты панцирем. От них произошли настоящие акулы и *кистепёрые рыбы*.

От кистепёрых, способных дышать атмосферным воздухом и переползать из водоёма в водоём, используя плавники, произошли первые земноводные, или амфибии, — *ихтиостеги* и *стегоцефалы* (рис. 107).

В обширных болотных лесах карбона земноводные достигли своего наибольшего разнообразия. Появляются первые примитивные насекомые — тараканы, жест-

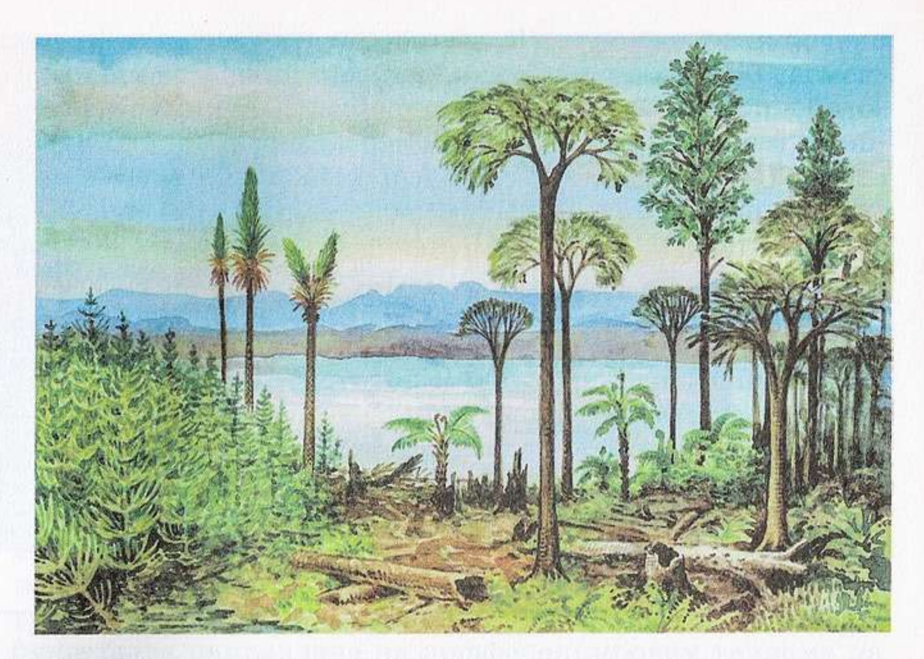


Рис. 106. Флора карбона

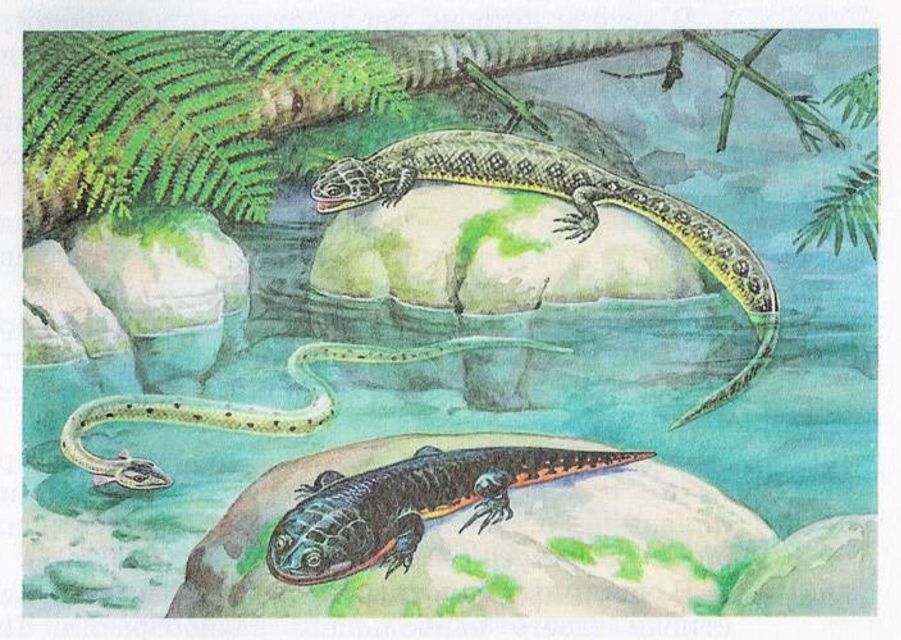


Рис. 107. Первые амфибии

кокрылые, стрекозы. В карбоне возникли примитивные формы рептилий, которые заселяли более сухие места.

В пермский период климат стал суше и прохладнее. Это привело к вымиранию крупных папоротниковидных. Среди растений господствующее положение на суше заняли голосеменные.

В перми вымерли многие крупные морские моллюски, трилобиты, крупные рыбы, крупные насекомые и паукообразные. Погибли и многие земноводные, с тех пор они уже никогда не были многочисленным классом животных. В то же время стали многочисленными и многообразными представители класса рептилий. Появились *терапсиды* — вероятные предки млекопитающих, объединявшие признаки амфибий, рептилий и млекопитающих.

ЭРА. ПЕРИОД. ЭПОХА. КАТАРХЕЙ. АРХЕЙ. ПРОТЕРОЗОЙ. ПАЛЕОЗОЙ. МЕЗОЗОЙ. КАЙНОЗОЙ. ПАЛЕОНТОЛОГИЯ. КЕМБРИЙ. ОРДОВИК. СИЛУР. ДЕВОН. КАРБОН. ПЕРМЬ. ТРИЛОБИТЫ. РИНИОФИТЫ. КИСТЕПЁРЫЕ РЫБЫ. СТЕГОЦЕФАЛЫ. ИХТИОСТЕГИ. ТЕРАПСИДЫ

Вопросы

1. На какие эры делится история Земли?
2. Как деятельность живых организмов повлияла на изменение состава атмосферы планеты?
3. Какое значение для развития жизни на Земле имело возникновение фотосинтеза?
4. Какие крупные ароморфозы произошли в архее?
5. Какие ароморфозы произошли в протерозое и палеозое?
6. Какие условия способствовали выходу растений и животных на сушу?
7. Какие приспособления возникают у растений и животных в связи с выходом на сушу?
8. Чем объяснить процветание папоротникообразных в карбоне и их постепенное вымирание к концу палеозойской эры?

Задания

Проанализировав текст и рисунки параграфа, заполните в тетради таблицу.

Эволюция органического мира

Эра	Характерные представители	
	флоры	фауны
Архейская		
Протерозойская		
Палеозойская		

В качестве вывода укажите, какие ароморфозы характерны для каждой эры.

§ 53. Развитие жизни в мезозое и кайнозое

1. **Какие виды вымерших пресмыкающихся вам известны?**
2. **Какие преимущества имеют теплокровные животные перед холоднокровными?**
3. **Почему цветковые растения считаются более высокоорганизованной группой по сравнению с голосеменными?**

Мезозой. *Мезозой* — эру средней жизни — справедливо называют эрой господства голосеменных растений и пресмыкающихся, завоевавших воду, сушу и воздух. В мезозойской эре выделяют *триасовый*, *юрский* и *меловой периоды*.

В триасе климат стал более сухим, сократилось количество водоёмов. Это привело почти к полному вымиранию папоротникообразных и большинства земноводных. Их место заняли достигшие значительного расцвета голосеменные и пресмыкающиеся. Возникло большое разнообразие рептилий: черепахи, крокодилы, ихтиозавры, плезиозавры, динозавры. Последние в триасе были относительно невелики: длина тела крупных динозавров достигала 5—6 м, а мелкие были размером с курицу.

Появилось множество насекомых, в том числе летающих. В морях большое распространение получили аммониты, белемниты, кораллы, иглокожие.

В конце триаса возникли первые мелкие и примитивные представители теплокровных. В процессе естественного отбора у них сформировались такие признаки, как постоянная температура тела, кормление детёнышей молоком, четырёхкамерное сердце, дифференцировка зубов. Все эти признаки — ароморфозы, определившие появление нового класса животных — млекопитающих.

В юрский период динозавры достигли пика своего разнообразия и поистине стали властелинами планеты (рис. 108—110).

Самый крупный динозавр — крупнейшее из известных когда-либо живших наземных животных — брахиозавр достигал более 30 м в длину и имел массу до 50 т. У него были длинные хвост и шея, маленькая голова и громадное туловище. Большую часть времени он прово-

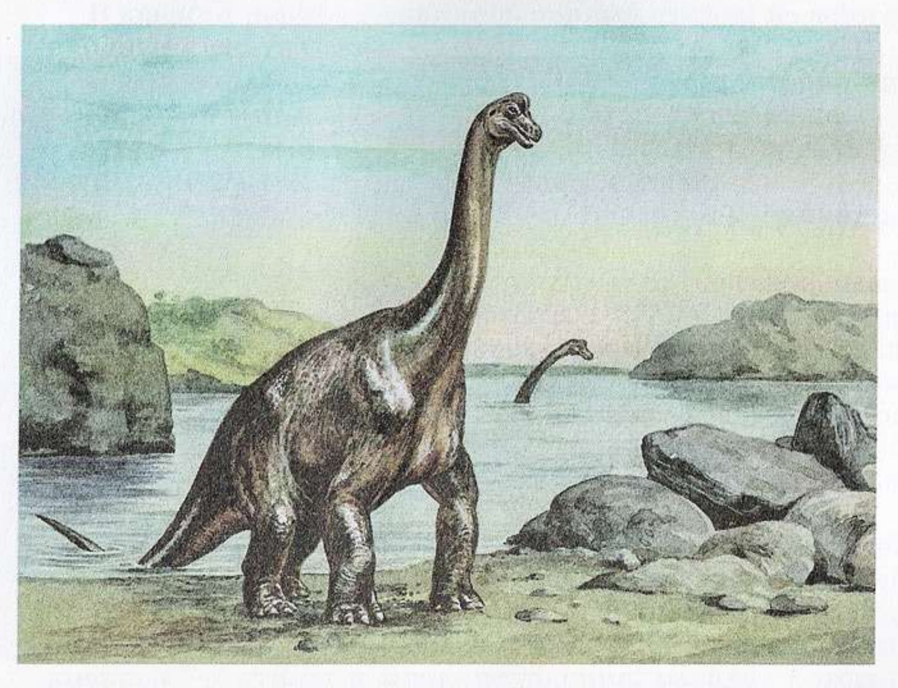


Рис. 108. Брахиозавр

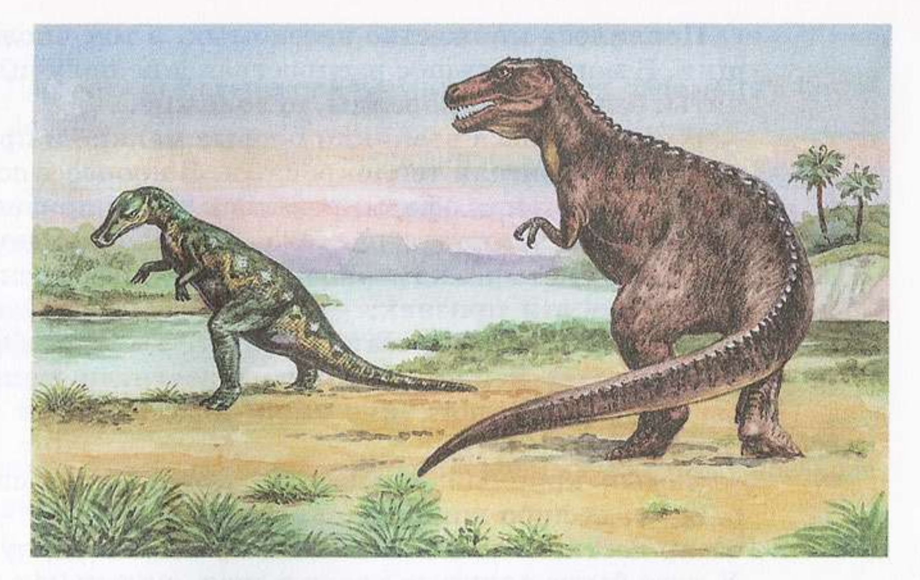


Рис. 109. Тираннозавр (справа)

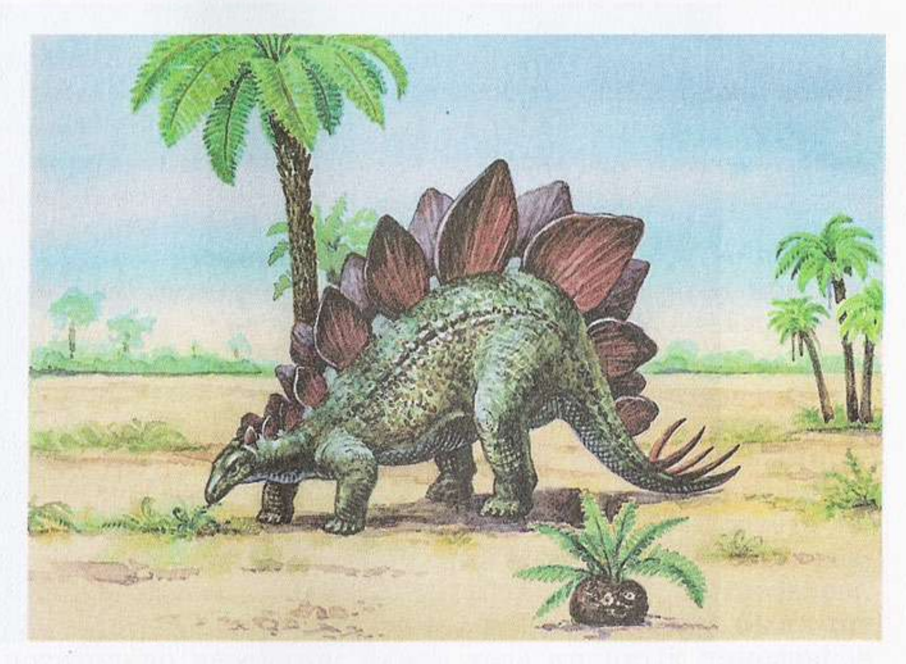


Рис. 110. Стегозавр

дил в воде. Обладая пастью, почти лишённой зубов, брахиозавры питались мягкой прибрежной растительностью (см. рис. 108). Гигантских размеров достигали также растительноядные диплодоки и бронтозавры.

Среди хищных динозавров самым крупным и страшным был тираннозавр. Его высота достигала около 6 м, длина — 10 м, масса — 10 т. Передвигался он на двух задних ногах, опираясь при ходьбе на мощный хвост, передние конечности были короткими. Огромные челюсти тираннозавра были вооружены сотнями больших и острых зубов (см. рис. 109).

Весьма разнообразны были морские ящеры. Наиболее известны среди них ихтиозавры, похожие по строению тела на акул и дельфинов, и плезиозавры — животные с широким туловищем, длинными ластами и змеевидной шеей.

К летающим ящерам относились как крохи размером с воробья, так и гиганты с размахом крыльев до 15 м (рис. 111).

В юрский период появились первые птицы, во многом сходные с рептилиями.

В меловой период возникли и быстро распространились покрытосеменные растения, вытесняя голосеменные.

Птицы мела ещё сохраняли зубы, но в остальном практически не отличались от современных.

В середине мелового периода появились *сумчатые* и *плацентарные млекопитающие*.

В конце мелового периода произошло массовое вымирание многих видов животных. В морях вымерли аммониты и белемниты, а также морские ящеры. На суше исчезли многие виды, в том числе и динозавры. Из пресмыкающихся лишь в экваториальных областях сохранились крупные представители — крокодилы, черепахи и гаттерии. Большинство выживших пресмыкающихся (змеи, ящерицы) были небольших размеров.

Быстрое массовое вымирание многих видов в конце мелового периода трудно объяснить. Большинство учёных связывают это с изменением климата. В условиях общего похолодания преимущества получили теплокровные — птицы и млекопитающие, расцвет которых пришёлся на следующую, кайнозойскую эру.

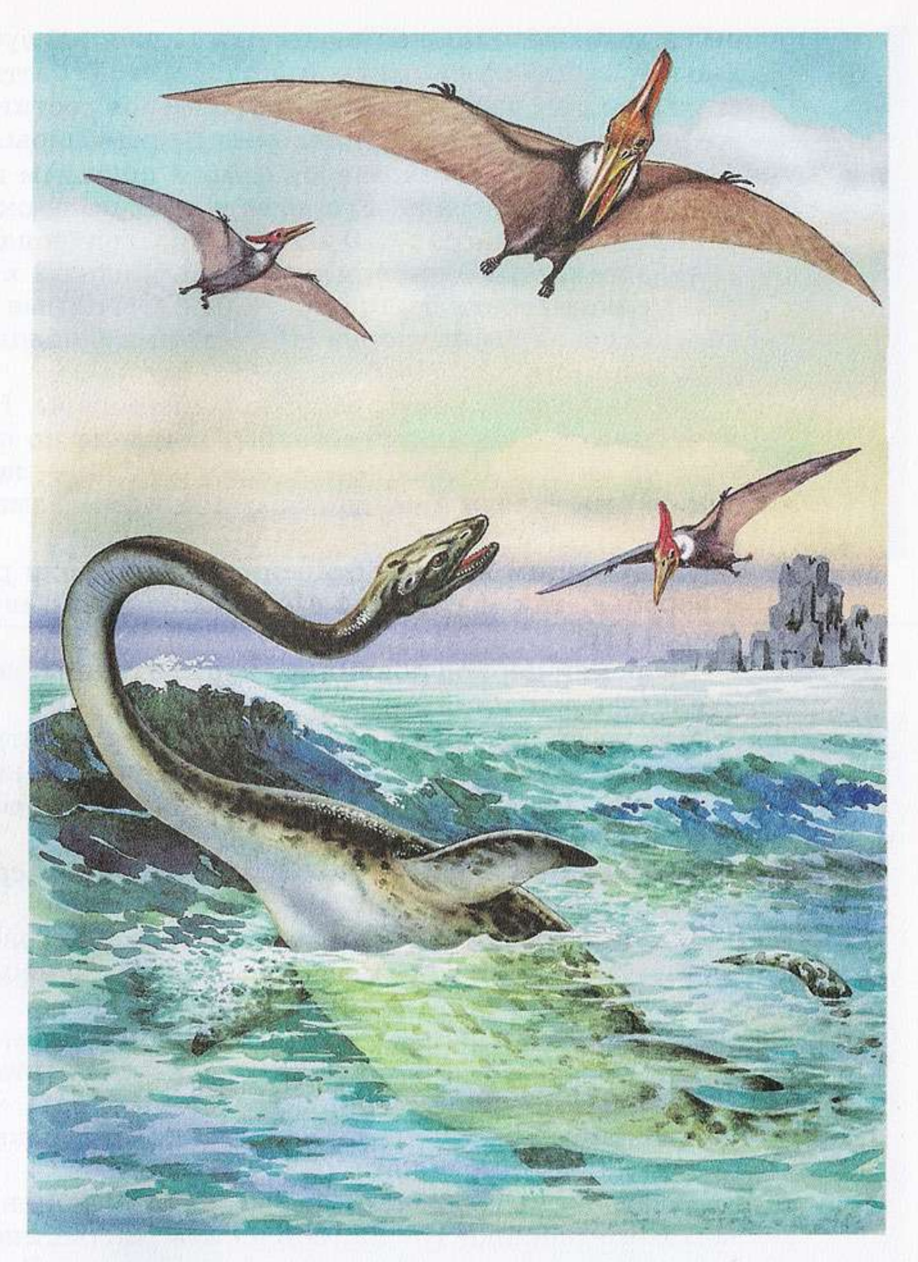


Рис. 111. Морские и летающие ящеры

Кайнозой. *Кайнозой* — эра новой жизни. Она началась 67 млн лет назад и продолжается до настоящего времени. В кайнозойской эре выделяют следующие периоды: *палеоген*, *неоген* и *антропоген*. Мы живём в антропогене, который длится около 2,5 млн лет.

Кайнозойская эра — время расцвета покрытосеменных растений, насекомых и высших позвоночных животных: птиц и млекопитающих.

В палеогене климат был ровным, тропическим. Практически вся Европа была покрыта вечнозелёными тропическими лесами, и лишь в северных областях произрастали листопадные виды. В это время уже сформировались практически все основные группы цветковых растений.

Млекопитающие заняли господствующее положение, приспособившись к различным условиям жизни на суше, в воздухе и в воде, они как бы заменили мезозойских пресмыкающихся.

Сумчатые и плацентарные млекопитающие развивались параллельно. От каких-то групп плацентарных на-



Рис. 112. Мамонты

секомоядных произошли хищники и примитивные копытные.

В неогене появились хоботные, парно- и непарнокопытные, все группы современных хищников и китообразные. От разных групп насекомоядных независимо произошли рукокрылые, приматы, грызуны и другие отряды млекопитающих. Чрезвычайно разнообразным и многочисленным стал мир птиц и костистых рыб.

В результате похолодания теплолюбивые растения отступили к экватору, а их место заняли более холодостойкие листопадные виды. По мере того как климат становился всё более сухим, леса уступали место открытым пространствам, покрытым травянистыми растениями.

В середине неогена широко распространились общие предковые формы человекообразных обезьян и людей. В связи с процессом сокращения лесов некоторые группы древних обезьян спустились с деревьев на землю и стали завоёвывать открытые пространства. Они и были предками человека.

В антропогене произошло мощное похолодание. Территории Евразии и Северной Америки четырежды подвергались мощным оледенениям.



Рис. 113. Саблезубый тигр охотится на копытных



Рис. 114. Большерогий олень

Распространялись растения и животные, приспособленные к холодному климату. Среди животных этого периода наиболее известны мамонты, шерстистые носороги, пещерные медведи, саблезубые тигры, бизоны, овцебыки и многие другие (рис. 112, 113).

Последний ледниковый период закончился около 10 тыс. лет назад. В конце периода началось глобальное потепление, вымерли многие виды растений и крупных млекопитающих, сформировались современные флора и фауна.

Вымирание крупных млекопитающих антропогена иногда связывают с деятельностью древних охотников. Они истребили мамонтов, шерстистых носорогов, большерогих торфяных оленей и др. (рис. 114). Исчезновение многих хищников объясняют тем, что человек уничтожил крупных копытных, которыми они питались.

Около 10 тыс. лет назад человек от собирательства и охоты перешёл к земледелию и скотоводству. С этого времени основные изменения, происходящие в биосфере, так или иначе связаны с хозяйственной деятельностью человека.

ТРИАС. ЮРА. МЕЛ. ДИНОЗАВРЫ. СУМЧАТЫЕ И ПЛАЦЕНТАРНЫЕ МЛЕКОПИТАЮЩИЕ. ПАЛЕОГЕН. НЕОГЕН. АНТРОПОГЕН

Вопросы

1. Какие ароморфозы произошли в мезозое?
2. Какие частные приспособления (идиоадаптации) обеспечили заселение древними пресмыкающимися различных сред обитания?
3. Что способствовало быстрому распространению покрытосеменных?
4. Какие изменения в животном и растительном мире произошли в палеогене?
5. Какие наиболее важные события в эволюции организмов произошли в неогене?
6. Как воздействовал древний человек на окружающую природу?
7. Какие факторы оказывают наибольшее влияние на эволюцию ныне живущих организмов?

Задания

1. Проанализировав текст и рисунки параграфа, продолжите заполнение в тетради таблицы.

Эволюция органического мира

Эра	Характерные представители	
	флоры	фауны
Мезозойская		
Кайнозойская		

В качестве вывода укажите, какие ароморфозы характерны для каждой эры.

2. Совместно с учителем разработайте план экскурсии в краеведческий музей или на геологическое обнажение. По результатам экскурсии подготовьте отчёт.

§ 54. Антропогенное воздействие на биосферу

1. Какие основные компоненты включает в себя биосфера?
2. Какова роль живого вещества в эволюции биосферы?
3. Как происходило развитие (эволюция) биосферы?
4. Какова роль человека в биосфере?

Эволюция биосферы шла по пути усложнения структуры биологических сообществ, умножения числа видов и совершенствования их приспособленности. Эволюционный процесс сопровождался увеличением эффективности преобразования энергии и вещества биологическими системами: организмами, популяциями, сообществами.

Вершиной эволюции живого на Земле явился человек, который как биологический вид отличается от всех остальных наличием мышления, способностью к осознанной деятельности и умением изготавливать и использовать орудия труда.

Человек, в отличие от всех других живых организмов, не приспосабливался к окружающей его среде, а приспосабливал её к своим потребностям.

В начале своей истории человек ещё вписывался в естественный круговорот веществ в природе. После появления земледелия, скотоводства, начала добычи и использования полезных ископаемых он сам стал активно вмешиваться в его формирование, вовлекая в круговорот новые вещества — углеводороды, железо и другие полезные ископаемые.

В XVIII в. началось бурное развитие промышленного производства. С тех пор и до сего дня влияние человечества на биосферу возрастает с каждым годом. Человек наступает на природу, не задумываясь о неизбежных последствиях своей деятельности.

Строятся города, огромные площади в сельской местности заняты техническими монокультурами, уничтожаются леса и болота, бесполезные с точки зрения современного человека. Всё больше сокращается разнообразие видов живых организмов в средах, эксплуатируемых человеком. Уменьшение биологического разнообразия естественной среды приводит к нарушению равновесия в природе.



Рис. 115. Природные ресурсы

Редуценты уже не в состоянии полностью переработать отходы, оставляемые человеческим обществом. Положение усугубляется тем, что в процессе промышленного производства создаётся большое количество веществ, которые невозможно разрушить биологическим путём (например, многие пластмассы).

Загрязнение среды приобретает всё большие размеры. Происходит быстрое истощение невозобновимых *природных ресурсов* биосферы (рис. 115).

Теперь мы всё отчётливее понимаем, что представление о неисчерпаемости природных ресурсов ведёт человечество к экологической катастрофе.

В данной ситуации перед человечеством возможны лишь два пути.

Первый — положиться на волю стихии: в этом случае наступающий кризис приведёт, скорее всего, к уничтожению человечества.

Следовательно, возможен лишь второй путь, при котором стихии развития должна быть противопоставлена

разумная стратегия, общая для всего человечества. Она должна быть направлена на преобразование биосферы Земли, по определению В. И. Вернадского, в *ноосферу* — сферу разума. В. И. Вернадский писал: «Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом ставится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого. Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть ноосфера».

К сожалению, мы ещё очень далеки от решения данной проблемы. Для перестройки биосферы в ноосферу требуются не только обширные и глубокие знания закономерностей и механизмов функционирования экологических систем, но определённый уровень нравственности общества, осознание каждым человеком своего единства с природой, необходимости перестройки системы общественного производства и потребления.

Каждый из нас и человечество в целом должны осознать ограниченность ресурсов на нашей планете. Необходимо чётко уяснить, что ни один вид живых организмов не может жить, пренебрегая законами природы. Нельзя потреблять больше, чем производят экосистемы. Нарушение законов природы неизбежно ведёт к гибели человеческой цивилизации.

Человек — лишь один из биологических видов на нашей планете, и он не должен забывать: биосфера без человека существовала и может существовать, человек вне биосферы существовать не может.

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ. НООСФЕРА. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Вопросы

1. С какого момента человек выделился из остальной природы? В чём его жизнь стала отличаться от жизни других живых существ?
2. Чем вызван экологический кризис на нашей планете?
3. Существуют ли пути преодоления этого экологического кризиса?
4. Что В. И. Вернадский понимал под ноосферой?

Задания

Выясните, какова экологическая ситуация в вашем регионе. Свяжитесь со службами мониторинга и экологическими объединениями вашего района. Примите участие в работе по выявлению источников загрязнения окружающей среды.

§ 55. Основы рационального природопользования

1. **Какие глобальные экологические проблемы, стоящие перед человечеством, вам известны?**
2. **Какие природные ресурсы вы знаете?**
3. **В чём причина экологического кризиса на нашей планете?**

В эпоху ноосферы может вступить лишь высокообразованное общество, понимающее свои цели, способное соизмерять свои потребности с теми возможностями, которые даёт ему природа.

Для разумного управления биосферой и перехода на уровень ноосферы необходимо не только знать устройство и принцип «работы» этой огромной и сложной системы, но и уметь влиять на происходящие в ней процессы в желаемом направлении.

И всё же даже совершенное знание биосферных механизмов и ясное понимание того, что надо делать, не дадут реальных плодов при отсутствии определённого уровня зрелости и культуры общества. Здесь важнейшей задачей является формирование новой социальной и экологической нравственности. На смену лозунгам типа «Человек — царь природы» или «Нельзя ждать милостей от природы, взять их у неё — наша задача!» должны прийти установки на разумное и бережное отношение к тому, благодаря чему мы существуем, к нашему общему и единственному дому — планете Земля.

Необходимо сформировать такую стратегию развития человеческого общества, которая позволила бы гармонично сочетать его потребности с возможностями нормально-

го функционирования биосферы. Это означает не только широкое распространение производственных способов (технологий) сбережения энергии и ресурсов, но и (в первую очередь!) изменение характера потребностей людей.

Сейчас мы живём в обществе, которое называют *«обществом одноразового потребления»*. Для него характерна нерациональная расточительная эксплуатация природных ресурсов. Для сохранения человеческой цивилизации необходимо построить природосберегающее общество, разумно использующее природные ресурсы.

Природные ресурсы — важнейшие компоненты окружающей человека среды, используемые для удовлетворения всевозможных материальных и культурных потребностей общества. Они весьма разнообразны (см. рис. 115).

Ограниченность ресурсов Земли становится в настоящее время одной из наиболее актуальных проблем человеческой цивилизации. Поиск путей рационального управления природными ресурсами — одна из важнейших задач современности.

Ограниченность природных ресурсов, несовершенство технологии их добычи и переработки часто приводят к разрушению биогеоценозов, загрязнению окружающей среды, нарушениям климата и круговорота веществ в экосистемах.

Общая задача рационального управления природными ресурсами состоит в нахождении наилучших (по определённым критериям), или оптимальных, способов эксплуатации естественных и искусственных экосистем.

Создание новых технологий должно сочетаться с компетентной, грамотной экологической экспертизой всех, особенно широкомасштабных, проектов в промышленности, строительстве, на транспорте, в сельском хозяйстве и других отраслях человеческой деятельности. Проводимая специальными независимыми органами, такая экспертиза позволит избежать многих просчётов и непредсказуемых последствий реализации этих проектов для биосферы.

В целом охрана окружающей среды и задачи восстановления природных ресурсов должны предусматривать следующие виды деятельности:

— локальный (местный) и глобальный экологический мониторинг, т. е. измерение и контроль состояния важнейших характеристик окружающей среды, концентрации вредных веществ в атмосфере, воде, почве;

— восстановление и охрану лесов от пожаров, вредителей, болезней;

— расширение и увеличение числа заповедных зон, уникальных природных комплексов;

— охрану и разведение редких видов растений и животных;

— широкое просвещение и экологическое образование населения;

— международное сотрудничество в деле охраны среды.

Только активная работа во всех областях человеческой деятельности по формированию нового отношения к природе, разработка рационального природопользования, природосберегающей технологии будущего смогут решать экологические проблемы сегодняшнего дня и перейти к гармоничному сотрудничеству с природой. Разработка совершенного экологического законодательства и создание эффективных механизмов его реализации — непременный элемент построения общества, живущего в гармонии с природой.

Осознание общих целей и трудностей, стоящих на пути, неизбежно будет рождать ощущение общепланетарного единства людей. Нам необходимо научиться чувствовать себя членами одной семьи, судьба которой зависит от каждого из нас. Осознание единства человечества — одна из основ экологической нравственности и гуманизма.

ОБЩЕСТВО ОДНОРАЗОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ

Вопросы

1. Почему мы не можем утверждать, что человеческое общество уже вступило в эпоху ноосферы?
2. Почему наше общество можно отнести к «обществу одноразового потребления»?
3. Как вы считаете, сможет ли человечество преодолеть экологический кризис?

Задания

Экологи сформулировали следующие принципы для рационального использования природных ресурсов.

1. Старайтесь использовать неисчерпаемые и возобновляемые ресурсы. Возобновляемые ресурсы должны использоваться со скоростью их естественного восполнения (принцип — сбалансированное использование).

2. Большая часть отходов и загрязнителей или может быть отнесена к ресурсам, которые мы по глупости не используем, или они настолько опасны, что не должны производиться вообще (принцип «никаких отходов природе»).

3. Для уменьшения загрязнений, экономии ресурсов и сокращения количества отходов необходимо использовать ресурсы в первую очередь для удовлетворения жизненно важных потребностей с максимальной эффективностью (принцип «умеренность в эффективности»).

Обсудите со своими родителями и с одноклассниками данные принципы. Выполняются ли они в нашем обществе?

Краткое содержание главы

Оболочку Земли — её сушу, воды и окружающее воздушное пространство, населённые живыми существами, называют биосферой. Все компоненты биосферы тесно взаимодействуют между собой, составляя целостную, сложно организованную систему.

Учёные считают, что в биосфере около 2 млн (возможно, до 5 млн) видов организмов, каждый из которых представлен миллионами и миллиардами особей, определённым образом распределённых в пространстве.

В пределах биосферы можно выделить четыре основные среды обитания: водная, наземно-воздушная, почва и среда, образуемая самими живыми организмами.

Живые организмы не только испытывают влияния со стороны окружающей их среды, но сами активно на неё влияют, изменяя её физические и химические свойства.

Необходимые для жизни элементы условно называют биогенными элементами или питательными веществами. Циркуляция биогенных элементов сопровождается

обычно их химическими превращениями. В отличие от энергии, биогенные элементы могут использоваться неоднократно, участвуя в круговоротах веществ. Разлагаясь, растения и другие организмы возвращают в биосферу питательные вещества, пополняя их запас, поэтому жизнь на Земле не прекращается. Решающий фактор сохранения круговорота биогенных элементов и поддержания жизни — активность гетеротрофных организмов, в первую очередь редуцентов.

Биосфера — не только сфера распространения жизни, но и результат деятельности живых организмов. С возникновением жизни вначале медленно и слабо, затем всё быстрее и значительнее стало проявляться влияние живой материи на геологические процессы Земли.

Вопрос о возникновении и развитии жизни на нашей планете интересовал человека с самых древних времён. Различные представления о возникновении жизни можно объединить в пять гипотез:

1) креационизм — Божественное сотворение живого;

2) самопроизвольное зарождение — живые организмы возникают самопроизвольно из неживого;

3) гипотеза стационарного состояния — жизнь существовала всегда;

4) гипотеза панспермии — жизнь занесена на нашу планету извне;

5) гипотеза биохимической эволюции — жизнь возникла в результате процессов, подчиняющихся химическим и физическим законам.

В настоящее время большинство учёных поддерживают идею абиогенного зарождения жизни в процессе биохимической эволюции.

Жизнь, прежде чем она достигла современного многообразия, прошла длительный путь, в котором различают три этапа: химической, предбиологической и биологической эволюции.

Земля как планета существует более 5 млрд лет. Её история разделяется на длительные промежутки времени — эры (катархейская, архейская, протерозойская, палеозойская, мезозойская и кайнозойская). Эры подразделяются на периоды, периоды — на эпохи.

Биологическая эволюция продолжается на Земле уже около 4 млрд лет. За это время появилось бесчисленное множество форм живых организмов — от прокариот до человека.

Эволюция биосферы шла по пути усложнения структуры биологических сообществ, умножения числа видов и совершенствования их приспособленности к среде обитания. Человек, в отличие от всех других живых организмов, не приспосабливался к окружающей его среде, а, наоборот, приспосабливал её к своим потребностям. Человечество фактически стало создавать искусственную среду своего обитания. С этих пор биосфера вступила в новую фазу, где человеческий фактор стал мощной движущей силой, которая оказывает на неё всё большее влияние.

Современные цивилизации, основанные на представлении о неисчерпаемости природных ресурсов, ведут человечество к катастрофе. Только разумная стратегия всего человечества, направленная на преобразование биосферы Земли в ноосферу, может предотвратить экологический кризис.

Активная работа во всех областях человеческой деятельности по формированию нового отношения к природе, разработка рационального природопользования, природосберегающей технологии будущего смогут решить экологические проблемы сегодняшнего дня и перейти к гармоничному сотрудничеству с природой. Осознание единства человечества — одна из основ экологической нравственности и гуманизма.

УКАЗАТЕЛЬ ТЕРМИНОВ

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

А

Автотро́фы (от греч. *autos* — сам и *trophe* — пища) — организмы, синтезирующие органические соединения из неорганических. При этом одни из них (*фототрофы*) получают необходимую энергию от солнца, другие (*хемотрофы*) — от химических реакций неорганических соединений. Автотрофы составляют первый ярус в пищевой пирамиде (первые звенья пищевых цепей). Именно они являются первичными продуцентами органического вещества в биосфере, обеспечивая пищей гетеротрофов. Следует отметить, что иногда резкой границы между автотрофами и гетеротрофами провести не удаётся. Например, одноклеточная эвглена на свету является автотрофом, а в темноте — гетеротрофом.

Аденозинтрифосфа́т (АТФ) — нуклеотид, универсальный источник энергии для всех биохимических процессов, протекающих в клетках, играет исключительно важную роль в обмене энергии и веществ в организмах.

Алле́ли (от греч. *allelon* — друг друга, взаимно) — различные формы одного и того же гена, расположенные в одинаковых участках (локусах) гомологичных хромосом и определяющие альтернативные варианты развития одного и того же признака.

Аминокисло́ты — органические кислоты, содержащие одну или несколько аминогрупп (H_2N). Они являются мономерами белков.

Анаэро́бы (греч. отрицательная приставка *an* + *aēr* — воздух + *b* [*ios*] — жизнь) — микроорганизмы, развивающиеся при отсутствии в окружающей их среде свободного кислорода.

Ареа́л (от лат. *area* — область) — область распространения таксона, например вида. Одно из основных понятий в биологических дисциплинах, изучающих географическое распространение организмов.

Ароморфо́з (от греч. *airomorphosis* — поднимаю форму) — прогрессивное эволюционное изменение строения, приводящее к общему повышению уровня организации организмов. Ароморфоз —

это расширение жизненных условий, связанное с усложнением организации и повышением жизнедеятельности.

Архе́йская э́ра, или **архе́й** (от греч. *archios* — древний) — одна из четырёх главных эр в истории Земли, охватывающая период от 3,9—3,8 до 2,5 млрд лет назад. В это время на Земле ещё не было кислородной атмосферы. Ранним археем датируются первые ископаемые остатки бактерий и цианобактерий.

Ассимиля́ция (от лат. *assimilatio* — уподобление, сходство) — совокупность процессов синтеза в живом организме.

Б

Бакте́рии (от греч. *bakterion* — палочка) — обширная группа одноклеточных микроорганизмов, характеризующихся отсутствием окружённого оболочкой клеточного ядра. Генетический материал бактерии (дезоксирибонуклеиновая кислота, или ДНК) занимает в клетке вполне определённое место — зону, называемую нуклеоидом. Раньше термин «бактерия» был синонимом прокариот, но в 1977 г. на основании данных молекулярной биологии прокариоты были разделены на архебактерии и эубактерии.

Белки́ (протейны, полипепти́ды) — высокомолекулярные органические вещества, состоящие из соединённых в цепочку пептидной связью (—CO—NH—) остатков аминокислот. В живых организмах аминокислотный состав белков определяется генетическим кодом, при синтезе в большинстве случаев используется 20 стандартных аминокислот.

Биогенети́ческий зако́н Геккеля—Мюллера — каждое живое существо в своём индивидуальном развитии (онтогенез) повторяет в известной степени историческое развитие, пройденное его предками или его видом (филогенез).

Биогеоцено́з (от греч. *bios* — жизнь, *geo* — Земля и *koinós* — общий) — устойчивая система живых и косных компонентов природы, взаимодействующих путём обмена вещества и потоков энергии в пределах однородного участка земной поверхности.

Биосфе́ра (от греч. *bios* — жизнь и *sfera* — шар) — оболочка Земли, заселённая живыми организмами, находящаяся под их воздействием и занятая продуктами их жизнедеятельности; глобальная экосистема Земли.

Биоцено́з (от греч. *bios* — жизнь и *koinós* — общий) — совокупность растений, животных, микроорганизмов, населяющих участок суши или водоёма и характеризующихся определёнными отношениями как между собой, так и с абиотическими факторами среды.

Борьба́ за существова́ние (англ. *struggle for existence*) — метафорическое выражение, предложенное Ч. Дарвином, — один из движущих факторов эволюции, наряду с естественным отбором и наследственной изменчивостью; совокупность многообразных и сложных взаимоотношений, существующих между организмами и условиями среды.

В

Вид (лат. *species*) — таксономическая, систематическая единица, группа особей с общими морфофизиологическими, биохимическими и поведенческими признаками, способная к взаимному скрещиванию, дающему в ряду поколений плодовитое потомство. Вид — реально существующая единица живого мира, основная структурная единица в системе организмов.

Видообразова́ние — появление новых видов в процессе эволюции.

Ви́рус (от лат. *virus* — яд) — субклеточный агент, который может воспроизводиться только внутри живых клеток организма. По природе вирусы являются автономными генетическими элементами, имеющими внеклеточную стадию в цикле развития.

Г

Гаме́та (от греч. *gamete* — жена, *gametes* — муж) — половая клетка. Гаметы обеспечивают передачу наследственной информации от родителей потомкам.

Ген (от греч. *génos* — род, происхождение) — элементарная единица наследственности, представляющая отрезок молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты — ДНК (у некоторых вирусов — рибонуклеиновой кислоты — РНК).

Гене́тика (от греч. *génesis* — происхождение) — наука о законах наследственности и изменчивости организмов.

Генети́ческий код — система зашифровки наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот, реализующаяся у организмов в виде последовательности нуклеотидов.

Геноти́п (от греч. *génos* — род, происхождение) — совокупность всех генов, локализованных в хромосомах данного организма.

Генофо́нд — совокупность всех генных вариаций (аллелей) определённой популяции.

Гетерозиго́ты (от греч. *heteros* — иной, другой и *zygote* — спаренная) — организмы, получившие от отца и матери разные формы (аллели) одного и того же гена.

Гетеротро́фы (от греч. *heteros* — иной, другой и *trophe* — пища) — живые организмы, использующие для своего питания готовые органические вещества, создаваемые автотрофами.

Гомозиго́та (от греч. *homo* — одинаковый и *zygote* — спаренная) — клетка или организм, в наследственном наборе которых гомологичные хромосомы несут одну и ту же форму данного гена.

Д

Дегенера́ция (биологическая) (от лат. *degenero* — вырождаюсь) — понижение уровня организации в процессе эволюции. Она выражается в утрате органов и прочих элементов строения организма в процессе видообразования.

Дезоксирибонуклеиновая кислота́ (ДНК) — макромолекула, обеспечивающая хранение, передачу из поколения в поколение и реализацию генетической программы развития и функционирования живых организмов.

Диссимиля́ция (от лат. *dissimilis* — несходный) — совокупность реакций распада веществ клетки, сопровождающихся выделением энергии.

Е

Есте́ственный отбо́р — процесс, изначально определённый Чарлзом Дарвином как приводящий к выживанию и преимущественному размножению более приспособленных к данным условиям среды особей, обладающих полезными наследственными признаками. Он является основным движущим фактором эволюции живых организмов.

Ж

Жизнь — это открытые саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы совокупностей живых организмов, построенные из сложных биологических полимеров — белков и нуклеиновых кислот.

Жиры́ — органические соединения; наиболее простые и широко распространённые представители липидов. В живых организмах выполняют структурную, энергетическую и другие функции.

З

Зако́н гомологи́ческих рядо́в — генетически близкие виды и роды характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других видов и родов.

Зако́н (пра́вило) единообра́зия гибри́дов пе́рвого поколе́ния — при скрещивании двух гомозиготных организмов, отличающихся друг от друга одним признаком, все гибриды первого поколения бу-

дут иметь признак одного из родителей, и поколение по данному признаку будет единообразным.

И

Изме́нчивость — это универсальное свойство живых организмов приобретать новые признаки под действием среды. Различают два вида изменчивости: фенотипическую (модификационная) и генотипическую.

Идиоадапта́ция (от греч. *ídios* — свой, своеобразный, особый + *адаптация*) — одно из главных направлений эволюции, при котором возникают частные изменения строения и функций органов при сохранении в целом уровня организации предковых форм.

Иску́сственный отбо́р — выбор наиболее ценных в хозяйственном отношении животных и растений какой-либо породы или сорта и использование их для дальнейшего разведения.

К

Кайнозо́йская э́ра, или **кайнозо́й** (от греч. *kainos* — новый и *zoe* — жизнь) — эра в геологической истории Земли протяжённостью в 65,5 млн лет, начиная с великого вымирания видов в конце мелового периода по настоящее время.

Кариоти́п (от греч. *karyon* — ядро и *typos* — форма, тип) — совокупность признаков хромосомного набора (число хромосом, размеры, форма), характерная для того или иного вида организмов.

Катархе́й (греч. «ниже древнейшего») — геологическая эра, когда Земля была безжизненной, окутанной ядовитой для живых существ атмосферой, лишённой кислорода.

Кле́тка — элементарная единица строения и жизнедеятельности всех живых организмов (кроме вирусов), обладающая собственным обменом веществ, способная к самостоятельному существованию, самовоспроизведению и развитию.

Кле́тки сомати́ческие (от греч. *soma* — тело) — клетки, формирующие тело организма. К соматическим клеткам относятся все клетки тела, за исключением гамет.

Консуме́нты (от лат. *consume* — потребляю) — организмы, являющиеся в пищевой цепи потребителями органического вещества, т. е. все гетеротрофные организмы.

Л

Липи́ды (от греч. *lipos* — жир) — жироподобные вещества, входящие в состав всех живых клеток.

М

Макроэволю́ция — эволюционные преобразования, ведущие к формированию таксонов более высокого ранга, чем вид (родов, семейств, отрядов, классов и т. д.).

Макроэлеме́нты — это элементы, которые содержатся в живых организмах в относительно больших количествах. К ним относятся натрий, кальций, магний, калий, хлор, фосфор, сера, азот, углерод, кислород, водород.

Мезозо́йская э́ра, или **мезозо́й** (от греч. *mesos* — средний, промежуточный и *zoe* — жизнь) — период времени в геологической истории Земли от 251 млн до 65 млн лет назад. Мезозой известен в первую очередь как эра динозавров.

Мейо́з (от греч. *meiosis* — уменьшение) — особый тип клеточного деления, происходящий при развитии половых клеток, в результате которого достигается редукция (уменьшение) числа хромосом вдвое (гаплоидное состояние) по сравнению с числом хромосом в соматических клетках организма (диплоидное состояние).

Метаболи́зм (от греч. *metabole* — перемена, превращение) — совокупность химических реакций, протекающих в живых клетках и обеспечивающих организм веществами и энергией для его жизнедеятельности, роста, размножения.

Микроэволю́ция — совокупность эволюционных процессов, протекающих в популяциях вида и приводящих к изменениям генофондов этих популяций и образованию новых видов.

Мито́з (от греч. *mítos* — нить) — вид клеточного деления, при котором из одной клетки образуются две генетически идентичные дочерние клетки.

Мута́ции (от лат. *mutatio* — изменение, перемена) — внезапные (скачкообразные) естественные или вызванные, искусственно наследуемые изменения генетического материала (генома), приводящие к изменению тех или иных признаков организма.

Н

Насле́дственность — способность организмов передавать свои признаки и особенности развития потомству. Благодаря этой способности все живые существа сохраняют в своих потомках характерные черты вида.

Нуклеи́новые кисло́ты — биологические полимерные молекулы, хранящие всю информацию об отдельном живом организме, определяющие его рост и развитие, а также наследственные признаки, передаваемые следующему поколению.

О

Онтогене́з (от греч. *ontos* — сущее и *genesis* — возникновение, происхождение) — индивидуальное развитие организма от оплодотворения (при половом размножении) или от момента отделения от материнской особи (при бесполом размножении) до смерти.

Оплодотворе́ние — слияние мужской половой клетки (сперматозоида, спермия) с женской (яйцеклеткой), приводящее к образованию зиготы, которая даёт начало новому организму.

П

Палеозо́йская э́ра, или **палеозо́й** (от греч. *palaios* — древний и *zoe* — жизнь) — эра древней жизни, началась 570 млн лет назад и продолжалась около 320 млн лет. В палеозое живые организмы вышли на сушу.

Пищева́я сеть — всё разнообразие пищевых взаимоотношений между организмами в биогеоценозе или в экосистеме.

Пищева́я цепь (цепь пита́ния, трофи́ческая цепь) — взаимоотношения между организмами, при которых группы особей (бактерии, грибы, растения, животные) связаны друг с другом как «пища—потребитель».

Полиплоиди́я (от греч. *polýploos* — многопутный, здесь: многократный и *éidos* — вид) — кратное увеличение числа хромосом в клетках растений или животных.

Популя́ция (от лат. *populatio* — население) — совокупность организмов одного вида, длительное время обитающих на одной территории.

Продуце́нты (от лат. *producens* — производящий, создающий) — организмы, способные к фото- или хемосинтезу и являющиеся в пищевой цепи первым звеном, созидателем органических веществ из неорганических, т. е. все автотрофные организмы.

Прокарио́ты, или **доя́дерные** (от лат. *pro* — вперёд, вместо и греч. *káryon* — ядро) — организмы, не имеющие оформленного клеточного ядра, покрытого оболочкой, и типичного хромосомного аппарата.

Протерозо́йская э́ра, или **протерозо́й** (от греч. *proteros* — первичный, начальный и *zoe* — жизнь) — вторая после архея эра в современной геологической истории Земли, означает время начала жизни, зарождения жизни. Протерозой начался приблизительно около 2500 млн лет назад и закончился 570 млн лет назад, после чего началась палеозойская эра — время древней жизни.

Р

Размноже́ние — присущее всем живым организмам свойство воспроизведения себе подобных, обеспечивающее непрерывность и преем-

ственность жизни. В основе всех форм размножения у организмов, обладающих клеточным строением, лежит деление клетки. Всё разнообразие способов размножения можно разделить на два основных типа: *бесполое* (его вариант — вегетативное) размножение и *половое* размножение. Бесполое размножение — форма размножения, не связанная с обменом генетической информацией между особями — половым процессом.

Редуце́нты (от лат. *reducens* — возвращающий, восстанавливающий) — организмы (сапротрофы), минерализующие мёртвое органическое вещество, т. е. разлагающие его до более или менее простых неорганических соединений.

Рибонуклеи́новая кислота́ (РНК) — макромолекула, участвующая в синтезе белков в клетке. В некоторых вирусах РНК является генетическим материалом. Молекула РНК представляет собой одиночную полинуклеотидную цепь, образованную нуклеотидами. Нуклеотиды РНК состоят из азотистых оснований урацила, цитозина, гуанина и аденина, сахара рибозы и остатка фосфорной кислоты.

С

Селе́кция (от лат. *selectio* — выбор, отбор) — наука о методах создания и улучшения пород животных, сортов растений, штаммов микроорганизмов.

Симбио́з (от греч. *symbiosis* — совместная жизнь) — это тесное и продолжительное сосуществование представителей разных биологических видов.

Сукце́ссия (от лат. *successio* — преемственность, наследование) — последовательная смена одних фитоценозов (биоценозов, биогеоценозов) другими на определённом участке среды во времени.

У

Углево́ды (сахариды) — общее название обширного класса природных органических соединений, входящих в состав всех живых организмов. Общая формула углеводов — $C_m(H_2O)_n$, которая очень наглядно отражает название «углеводы». Они делятся на простые, или моносахариды, и сложные, или полисахариды. Углеводы — важнейший источник энергии в организме.

У́ровни организа́ции живо́й приро́ды — уровни биологической организации: молекулярный, клеточный, организменный, популяционно-видовой, экосистемный и биосферный.

Ф

Феноти́п (от греч. *phaino* — являю, обнаруживаю и *typos* — отпечаток, форма, образец) — присущая индивидууму совокупность всех признаков и свойств, которые сформировались в процессе его индивидуального развития.

Фермéнт (от лат. *fermentum* — закваска) (энзимы) — белки или иногда молекулы РНК (рибозимы), выполняющие роль катализаторов в живых организмах. Они синтезируются в клетках и во много раз ускоряют протекающие в них реакции, не подвергаясь при этом химическим превращениям.

Фотосúнтез — образование органических веществ зелёными растениями и некоторыми бактериями с использованием энергии солнечного света. В ходе фотосинтеза происходит поглощение из атмосферы углекислого газа и выделение кислорода.

Х

Хемосúнтез (от греч. *chemeia* — химия и *synthesis* — соединение, составление) — способ автотрофного питания, при котором источником энергии для синтеза органических веществ из CO_2 служат реакции окисления неорганических соединений.

Хемотрóфы — организмы, получающие энергию в результате окислительно-восстановительных реакций хемосинтеза.

Хромосóмы (греч. *chroma* — цвет, окраска и *soma* — тело) — основные структурно-функциональные элементы клеточного ядра, содержащие гены.

Ц

Цáрство — одна из высших таксономических категорий (рангов) в системе органического мира.

Э

Эволю́ция (от лат. *evolutio* — развёртывание) — естественный процесс развития живой природы, сопровождающийся изменением генетического состава популяций, формированием адаптаций, видообразованием и вымиранием видов, преобразованием экосистем и биосферы в целом.

Экolóгия (от греч. *oikos* — дом, жилище, местопребывание и *logos* — учение) — наука об отношениях живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой.

Экосистéма (от греч. *oikos* — дом, жилище, местопребывание и *systema* — сочетание, объединение) — экологическая система, совокупность совместно обитающих организмов и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом и образующих систему взаимообусловленных биотических и абиотических явлений и процессов.

Э́ра — самое крупное хронологическое деление истории Земли в геологии. Эры делятся на периоды, а периоды — на эпохи.

Эукариóты, или **я́дерные** (от греч. *éu* — хорошо и *káryon* — ядро) — живые организмы, клетки которых содержат ядра.



Учебник рекомендован Министерством образования и науки РФ

Учебно-методический комплекс

В. В. Пасечник
Биология. Бактерии, грибы, растения
5 класс

В. В. Пасечник
Биология. Многообразие покрытосеменных растений
6 класс

В. В. Латюшин, В. А. Шапкин
Биология. Животные
7 класс

Д. В. Колесов, Р. Д. Маш, И. Н. Беляев
Биология. Человек
8 класс

В. В. Пасечник, А. А. Каменский, Е. А. Криксунов, Г. Г. Швецов
Биология
Введение в общую биологию
9 класс

К данному курсу выпускается


рабочая программа


учебник


электронная форма учебника


рабочая тетрадь для учащихся


методическое пособие для учителей



методическая поддержка на росучебник.рф

ISBN 978-5-358-19753-4

